

# Evaluation eines peer-gestützten Trainings früher mathematischer Kompetenzen bei Vorschülern

Inaugural-Dissertation

Zur Erlangung des Doktorgrades

der Philosophie

des Fachbereiches Psychologie und Sportwissenschaft

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Armin Vossen

aus Neuss

Gießen

2018

Dekan: Prof. Dr. Christiane Hermann

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Marco Ennemoser
2. Berichterstatterin: Prof. Dr. Kristin Krajewski

Tag der Disputation: 13.09.2018

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekts „Peer-gestützte Präventionsmaßnahmen zur Förderung mathematischer Basiskompetenzen“ mit dem Förderkennzeichen 01GJ1005 unter der Leitung von Prof. Dr. Marco Ennemoser und Prof. Dr. Kristin Krajewski, das an der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt wurde.

## Danksagungen

Diese Arbeit wäre ohne die Unterstützung mir wichtiger Personen nicht möglich gewesen. Diesen möchte ich an dieser Stelle von Herzen danken!

Zuerst ist meinem Doktorvater Prof. Dr. Marco Ennemoser zu danken. Er hat mit seiner motivierenden Art die Flamme für Wissenschaft und Forschung in mir entzündet. In lockeren Gesprächen, in intensiven fachlichen Diskussionen und im Austausch über knifflige Statistiken durfte ich viel lernen. Danke, dass ich dieses Wissen mir aneignen und die Erfahrungen machen durfte, auf die ich heute immer wieder gerne zurückgreife.

Ebenfalls an exponierter Stelle gilt mein Dank Prof. Dr. Kristin Krajewski. Nicht nur, dass sie mit ihrer jahrelangen Forschung den Grundstein für diese Arbeit legte, sondern im Speziellen auch dafür, dass sie an mich geglaubt hat und mir die Chance zur Mitarbeit in diesem Projekt gab. Danke für das Vertrauen in mich als Fachfremder.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei meinen Kolleginnen und Kollegen in der Arbeitsgruppe und im Projekt. Egal wie lang ein Arbeitstag ging, egal mit welchen Höhen oder Tiefen man gerade beschäftigt war, ihr habt eine unvergleichliche Arbeitsatmosphäre geschaffen. Besonders möchte ich meinen Dank an Dr. Nils Hartung, Dr. Daniel Sinner, Dr. Ana Krizan, Dr. Teresa Hecht, Nils Euker und Prof. Dr. Jan Kuhl senden; in vino veritas, oder doch in der Statistik? Die Zeit zusammen in einem Büro ist eine, die man nicht so schnell vergisst. Danke Dr. Nadja Olyai und David Haschke für die vertrauensvolle Zusammenarbeit. Ohne die Unterstützung unserer tatkräftigen studentischen und wissenschaftlichen Hilfskräfte wären weder das Projekt noch ich soweit, wie wir heute sind. Namentlich möchte ich Monja Lehnig, Sanja Rehwald, Tina Sangmeister, Anna Schröder, Jessica Boller und Julia Heil stellvertretend für alle HiWis erwähnen. Manchmal hatten wir Chaos, ihr den Durchblick! Danke für Eure tatkräftige Unterstützung in der Vor- und Nachbereitung der Materialien für die Messzeitpunkte und die Förderung.

Ohne die Unterstützung und das tatkräftige Mitarbeiten der Kindertagesstätten, Kindergärten und Schulen mit ihren engagierten Erzieherinnen und Erzieher, Lehrerinnen und Lehrern wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Ganz besonders gilt dies für alle teilnehmenden Kinder! Ihnen und Euch allen sei diese Arbeit gewidmet.

All die langen Jahre der Ausbildung war ich der Unterstützung meiner Familie gewiss. Danke, dass ihr mir diesen Weg ermöglicht, mich immer wieder sanft begleitet und unterstützt habt, wissenschaftlich wie privat! Persönlicher Dank gilt meiner Frau Anna, die mir den Rücken freihält, mich ermutigt und motiviert, wenn es darauf ankommt und mich beruhigt und ablenkt, wenn es nötig ist. Irgendwie findest du doch immer die richtigen Worte. Danke Euch von Herzen, Mama, Papa, Bodo und Anna!

## Zusammenfassung

Forschung zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen zeigt, dass Mathematiklernen nicht erst mit dem Mathematikunterricht beginnt. Uneins sind sich Wissenschaftler allerdings noch darin, wann die Entwicklung beginnt. Für das Kindergartenalter konnte bereits ein fundiertes Entwicklungsmodell von Krajewski (2007) erstellt und umfassend evaluiert werden. Auf dieser theoretischen Fundierung entwickelten Krajewski, Nieding & Schneider (2007) das Förderprogramm „Mengen, zählen, Zahlen (MZZ)“. Auch dieses Programm ist umfassend erfolgreich evaluiert (für einen Überblick: Krajewski & Simanowski, 2016).

In den USA entwickelten Forscher aus einer Bildungskrise heraus eine peer-gestützte Fördermethode, in der zwei Kinder zusammenarbeiten, wobei ein Kind die Tutandenrolle und ein Kind die Tuteerrolle erhält (Delquadri, Greenwood, Whorton, Carta & Hall, 1986). Der Tutand überwacht und korrigiert die Handlung des Tutee. Mit dem Förderprogramm PALS konnten D. Fuchs, L. S. Fuchs, P. G. Mathes & D. C. Simmons (1997) zeigen, dass die Methode signifikant höhere Fördererfolge erzielt als konventioneller Unterricht. Dies bestätigt u.a. eine Metaanalyse von Rohrbeck, Ginsburg-Block, Fantuzzo & Miller (2003) für peer-tutorielle Methoden im Allgemeinen.

In der vorliegenden Studie wird erstmalig in Deutschland untersucht, ob eine peer-gestützte primärpräventive Förderung mathematischer Vorläuferkompetenzen bei Vorschülern wirksam ist und ob diese im Vergleich zur bisher empirisch bewährten Version mit direkter Instruktion zu einem höheren Fördererfolg führt. Dazu wurde das oben genannte MZZ an die Anforderung peer-gestützter Förderung angepasst und ein Drei-Gruppen-Design mit Prä-, Post- und Follow-Up Testung gewählt. Eine Gruppe erhielt die im Kindergarten üblichen Vorschulmaßnahmen ( $n = 217$ ), eine weitere Gruppe erhielt eine Förderung mit dem MZZ in kleingruppen-orientierter Methodik ( $n = 165$ ) und eine letzte Gruppe erhielt eine Förderung mit dem MZZ in peer-gestützter Methodik ( $n = 161$ ). Der Förderzeitraum betrug acht Wochen. Die Testungen erfolgten unmittelbar vor und nach dem Förderzeitraum, sowie drei und sechs Monate nach Ende der Förderung. In den Testungen wurden sowohl Kompetenzen entsprechend des Entwicklungsmodells mathematischer Basiskompetenzen, als auch Kontrollvariablen wie Intelligenz, Arbeitsgedächtnismaße, Abruf aus dem Langzeitgedächtnis, Sprachentwicklungsstand und Phonologische Bewusstheit überprüft. Im Follow-Up, sechs Monate nach Ende der Förderung, wurde als inhaltsnahes Transfermaß die Rechenkompetenz überprüft. Außerdem wurde ein eigenes Verfahren entwickelt, um das On- und Off-Task-Verhalten der Kinder in Fördersitzungen quantitativ zu erfassen.

Die Ergebnisse zeigen, dass Kinder der peer-gestützten Förderung zum Nachtest einen signifikant höheren Leistungsstand aufweisen, als Kinder der beiden anderen Gruppen. Zum Zeitpunkt drei Monate nach Ende der Förderung konnte weder für die kleingruppen-orientierte noch für die peer-gestützte Förderung ein Fördererfolg gefunden werden. Sechs Monate nach Ende der Förderung ist die kleingruppen-orientierte Förderung den beiden anderen Gruppen überlegen. Sie erzielen zudem einen

inhaltsnahen Transfereffekt auf die Rechenkompetenz. Das Förderprogramm kann als inhaltsspezifisch bezeichnet werden, da weder kurz- noch langfristig ein inhaltsferner Transfererfolg gefunden werden konnte. Es zeigte sich zu verschiedenen Messzeitpunkten, dass sowohl sprachkompetentere als auch intelligenter Kinder einen höheren Leistungszuwachs unabhängig von der jeweils durchgeführten Art der Förderung erzielen können. Für die längerfristige Entwicklung der Tutees konnte gezeigt werden, dass ein häufiges OffTask-Verhalten den Fördererfolg negativ beeinflusst. Außerdem sollte die Leistungsdifferenz zwischen Tutand und Tutee hoch sein, um einen größtmöglichen Transfererfolg auf die Rechenkompetenz beim Tutee bewirken zu können. Ebenfalls beeinflussen ein hohes Ausgangsniveau des Tutanden in mathematischen Fertigkeiten und in der Sprachkompetenz den Transfererfolg auf die Rechenkompetenz des Tutee positiv.

Schlüsselwörter: Mathematik, Basiskompetenzen, Förderung, Kindergarten, Evaluation, peer-gestützte Förderung, Prävention

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>	
<b>1</b>	<b>Natürliche Entwicklung der Mengen-Zahlen-Kompetenzen .....</b>	<b>3</b>
1.1	<i>Unspezifische Einflussfaktoren .....</i>	4
1.1.1	Intelligenz.....	4
1.1.2	Arbeitsgedächtnis .....	6
1.1.3	Geschlecht .....	8
1.1.4	Phonologische Bewusstheit .....	9
1.1.5	Anregungsgehalt der Umwelt und soziale Schicht .....	10
1.2	<i>Spezifische Einflussfaktoren.....</i>	14
1.2.1	Number sense .....	14
1.2.2	Das Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung.....	17
1.3	<i>Zusammenfassung und Reflexion .....</i>	21
<b>2</b>	<b>Förderung spezifischer Vorläuferkompetenzen im Vorschulalter .....</b>	<b>23</b>
2.1	<i>Voraussetzungen für eine effektive Förderung.....</i>	23
2.2	<i>Förderung früher mathematischer Kompetenzen in Deutschland.....</i>	25
2.2.1	Komm mit ins Zahlenland .....	25
2.2.2	Spielend Mathe.....	28
2.2.3	Förderprogramm zur Entwicklung des Zahlkonzepts – FEZ .....	30
2.2.4	Mit Baldur ordnen, zählen, messen .....	31
2.2.5	Mina und der Maulwurf.....	33
2.2.6	Mengen, zählen, Zahlen.....	36
2.3	<i>Zusammenfassung.....</i>	40
<b>3</b>	<b>Peer-gestützte Förderung .....</b>	<b>42</b>
3.1	<i>Classwide Peer Tutoring Program (CWPT) .....</i>	45
3.1.1	Methode des Classwide Peer Tutoring Program .....	45
3.1.2	Effektivität des Classwide Peer Tutoring Program .....	46
3.1.3	Zusammenfassung und Reflexion zu CWPT .....	49
3.2	<i>Peer-Assisted Learning Strategies (PALS) .....</i>	50
3.2.1	Methode des Peer Assisted Learning Strategies Program .....	50
3.2.2	Effektivität des Peer Assisted Learning Strategies Program .....	51
3.2.3	Zusammenfassung und Reflexion zu PALS.....	55
3.3	<i>Peer gestützte Förderung in Deutschland .....</i>	56
3.4	<i>Meta-Analysen zu peer-gestützter Förderung.....</i>	59
3.5	<i>Zusammenfassung zu peer-gestützter Förderung .....</i>	61
<b>4</b>	<b>Fragestellung .....</b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>Methodik .....</b>	<b>67</b>
5.1	<i>Versuchsplan .....</i>	67
5.2	<i>Stichprobe.....</i>	71

5.1	<i>Versuchsgruppen und deren Fördermethode</i> .....	73
5.1.1	Peer-gestützte Förderung .....	75
5.1.2	Kleingruppen-orientierte Förderung .....	76
5.1.3	Kontrollgruppe .....	76
5.2	<i>Messverfahren</i> .....	76
5.2.1	In Vor- und Nachtest wiederholt eingesetzte Verfahren .....	76
5.2.2	In Vor- oder Nachtest eingesetzte Verfahren .....	81
5.2.3	Zum ersten Follow-Up .....	83
5.2.4	Zum zweiten Follow-Up .....	84
5.2.5	Protokollierungen während der Förderung .....	84
5.3	<i>Statistisches Verfahren</i> .....	87
5.3.1	Korrelationsanalysen .....	87
5.3.2	Mittelwert-Unterschiede .....	88
5.3.3	Varianzanalysen .....	88
5.3.4	Effektstärkeanalysen .....	89
<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>90</b>
6.1	<i>Deskriptive Statistik und Voranalysen</i> .....	90
6.1.1	Zur Analyse des Verhaltens der Kinder während einer Fördersitzung .....	90
6.1.2	Zur Analyse der Wirksamkeit .....	92
6.2	<i>Wirksamkeit der Trainings</i> .....	99
6.2.1	Kurzfristige Effekte .....	99
6.2.2	Längerfristige Effekte drei Monate nach Ende der Förderung .....	104
6.2.3	Längerfristige Effekte sechs Monate nach Ende der Förderung .....	105
6.2.4	Transfereffekte .....	108
6.2.5	Effektivität hinsichtlich der Prävention von Rechenschwäche .....	110
6.3	<i>Einflüsse auf den Trainingserfolg innerhalb der peer-gestützten Förderung</i> .....	111
6.3.1	Einflüsse auf die kurzfristige Leistungsentwicklung .....	112
6.3.2	Einflüsse auf die längerfristige Leistungsentwicklung .....	115
6.3.3	Einflüsse auf den Transfereffekt zur Rechenleistung .....	117
<b>7</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>121</b>
7.1	<i>Wirksamkeit des Trainings unter Berücksichtigung von Einflussfaktoren</i> .....	121
7.2	<i>Methodische Einschränkungen der vorliegenden Studie</i> .....	129
7.3	<i>Implikationen für Praxis und Forschung</i> .....	130
<b>Anhang</b>	<b>153</b>	



## Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Auflistung der "math talk" Kategorien basierend auf Boonen et al. (2011, S. 287) .....</i>	<i>13</i>
<i>Tabelle 2: Kernkompetenzen von number sense nach Jordan, Kaplan, Oláh &amp; Locuniak (2006) in eigener Übersetzung und um Beispielaufgaben aus dem Versuchsplan oder Kompetenzbeschreibung der Autoren erweitert .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabelle 3: Verteilung der Geschlechter auf die Untersuchungsgruppen (Anzahlen) .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabelle 4: Drop-Out-Aufschlüsselung (Anzahlen) nach Zeitpunkt und Grund .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabelle 5: Förderinhalte des Förderprogramms "Mengen, zählen, Zahlen" zitiert nach Krajewski (2014) .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabelle 6: Items und deren Operationalisierung zur Kinder-Beobachtung während der Förderung .....</i>	<i>85</i>
<i>Tabelle 7: Deskriptive Statistik zum Beobachtungsbogen "Verhalten der Kinder während der Förderung" .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabelle 8: Kommunalitäten .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabelle 9: Faktorenmatrix .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabelle 10: Vergleich nach Fördermethode und Mittelwertvergleiche (Rohwerte) der Verhaltensbeobachtung bei geförderten Kindern .....</i>	<i>91</i>
<i>Tabelle 11: Korrelation zwischen OnTask- und OffTask-Verhalten und mit dem mathematischen Leistungsstand zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb der peer-gestützten Förderung .....</i>	<i>91</i>
<i>Tabelle 12: Korrelation zwischen OnTask- und OffTask-Verhalten und mit dem mathematischen Leistungsstand zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb der kleingruppen-orientierten Förderung .....</i>	<i>91</i>
<i>Tabelle 13: Überprüfung von Vortestunterschieden .....</i>	<i>93</i>
<i>Tabelle 14: deskriptive Statistik der mathematischen Kompetenz zum Nachtest, erstem Follow-Up und zweitem Follow-Up nach Untersuchungsgruppen in z-Werten .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabelle 15: deskriptive Statistik für Phonologische Bewusstheit und Sprachfertigkeiten zum Vor- und Nachtest in z-Werten .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabelle 16: Deskriptive Statistik für Intelligenzleistung zum Vortest und zweiten Follow-Up in z-Werten .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabelle 17: Korrelationsmatrix der Leistungsmerkmale .....</i>	<i>95</i>
<i>Tabelle 18: Absolute und relative Häufigkeiten der Kinder mit einem PR &lt; 20 im MBK-0 zum Vortest in den drei Gruppen zu den verschiedenen Messzeitpunkten .....</i>	<i>111</i>
<i>Tabelle 19: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren des Trainers auf seine kurzfristige Entwicklung. ....</i>	<i>113</i>
<i>Tabelle 20: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren des ersten Sportlers auf seine kurzfristige Entwicklung .....</i>	<i>113</i>

<i>Tabelle 21: Lineare Regression von Leistungsunterschieden zwischen Trainer und Sportler auf die kurzfristige Entwicklung des Trainers. ....</i>	113
<i>Tabelle 22: Lineare Regression von Leistungsunterschieden zwischen Trainer und Sportler auf die kurzfristige Entwicklung des ersten Sportlers. ....</i>	114
<i>Tabelle 23: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf den kurzfristigen Fördererfolg des Trainers.....</i>	114
<i>Tabelle 24: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf den kurzfristigen Fördererfolg des ersten Sportlers. ....</i>	114
<i>Tabelle 25: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren des Trainers auf seine längerfristige Entwicklung.....</i>	115
<i>Tabelle 26: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren des ersten Sportlers auf seine längerfristige Entwicklung.....</i>	116
<i>Tabelle 27: Lineare Regression von Leistungsunterschieden zwischen Trainer und Sportler auf die längerfristige Entwicklung des Trainers. ....</i>	116
<i>Tabelle 28: Lineare Regression von Leistungsunterschieden zwischen Trainer und Sportler auf die längerfristige Entwicklung des ersten Sportlers. ....</i>	116
<i>Tabelle 29: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf den längerfristigen Fördererfolg des Trainers.....</i>	117
<i>Tabelle 30: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf den längerfristigen Fördererfolg des ersten Sportlers. ....</i>	117
<i>Tabelle 31: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren auf die Transferleistung "Rechnen" des Trainers .....</i>	118
<i>Tabelle 32: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren auf die Transferleistung "Rechnen" des ersten Sportlers.....</i>	118
<i>Tabelle 33: Lineare Regression von Leistungsunterschieden zwischen Trainer und Sportler auf die Transferleistung "Rechnen" des Trainers.....</i>	119
<i>Tabelle 34: Lineare Regression von Leistungsunterschieden zwischen Trainer und Sportler auf die Transferleistung "Rechnen" des ersten Sportlers. ....</i>	119
<i>Tabelle 35: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf die Transferleistung "Rechnen" des Trainers.....</i>	119
<i>Tabelle 36: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf die Transferleistung "Rechnen" des ersten Sportlers.....</i>	120

## Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Strukturgleichungsmodell verschiedener Einflussfaktoren auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen nach Niklas &amp; Schneider (2012, S. 133) .....</i>	<i>12</i>
<i>Abbildung 2: Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski (2007, 2013)..</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 3: Schematischer Aufbau des Zahlenlandes (Friedrich, 2011, S. 4) .....</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 4: Modell der verschiedenen Einflüsse auf die Leistungsentwicklung in peer-gestützter Förderung (ähnlich Müller, Richter, Krizan, Hecht &amp; Ennemoser, 2015).....</i>	<i>66</i>
<i>Abbildung 5: Gruppeneinteilung im Kindergarten .....</i>	<i>67</i>
<i>Abbildung 6: Verlaufsplan der Studie .....</i>	<i>70</i>
<i>Abbildung 7: Teameinteilung in der peer-gestützten Förderung innerhalb einer Fördergruppe einer Einrichtung.....</i>	<i>75</i>
<i>Abbildung 8: Screeplot zur Bestimmung der Faktorenanzahl (Beobachtung des Kinderverhaltens) .....</i>	<i>87</i>
<i>Abbildung 9: Entwicklung mathematischer Fertigkeiten von Vor- zu Nachtest nach Fördermethode .....</i>	<i>100</i>
<i>Abbildung 10: Entwicklung mathematischer Fertigkeiten von Vor- zu Nachtest nach Rolle im peer-gestützten Training im Vergleich zur Kontrollgruppe .....</i>	<i>101</i>
<i>Abbildung 11: Entwicklung mathematischer Fertigkeiten von Vor- zu Nachtest nach Art der fördernden Person im Vergleich zur Kontrollgruppe .....</i>	<i>103</i>

## Einleitung

Kinder mit Schwierigkeiten in der Entwicklung eines mathematischen Verständnisses leiden in Schule und Beruf. Auch die mentale und physische Verfassung wird durch die Schwierigkeiten negativ beeinflusst (Cohen Kadosh, Dowker, Heine, Kaufmann & Kucian, 2013). Dies wird allein schon daran deutlich, dass mathematische Inhalte für die Bewältigung des Alltags benötigt werden. Seien es vermeintlich einfache Anforderungen, wie Zählen, das Verstehen von Sportergebnissen oder das Lesen der Uhr, oder möglicherweise anspruchsvollere Leistungen, wie das Verstehen von Wahlergebnissen (Fischer, Moeller, Cress & Nuerk, 2013). Eine effiziente Förderung ist also notwendig, um einen Menschen in einer digitalen und mathematisch geprägten Welt zu einem mündigen Bürger erziehen zu können. Als erster Schritt zum Aufbau einer solchen Förderung wurde in der Forschung damit begonnen Meilensteine in der Entwicklung mathematischer Fähigkeiten zu identifizieren. Es wurde versucht diese „normale“ Entwicklung in einem theoretischen Entwicklungsmodell zusammenzufassen und Förderprogramme zur Prävention und Intervention von Rechenschwäche zu entwickeln (Krajewski, 2008a; Krajewski & Schneider, 2006; Kroesbergen & van Luit, J. E. H., 2003). Forschungsergebnisse aus den 90er Jahren zeigen anhand von Säuglingsstudien, dass sich Kompetenzen wie Mengenwahrnehmung und erste arithmetische Kompetenzen bereits früh entwickeln. Die Entwicklung verläuft sehr heterogen und differiert zu stark in der Ergebnislage, um ein Entwicklungsmodell daraus ableiten zu können. Große Schwankungen weist zwar auch die Entwicklung bei Kindergartenkindern auf, doch war es Krajewski (2007) als eine der ersten deutschen Forscher möglich, basierend auf internationalen Ergebnissen ein Modell mit drei Ebenen zu erstellen, auf denen die identifizierten Vorläuferkompetenzen verortet werden konnten. Dieses Entwicklungsmodell ist heute gut evaluiert und zahlreich bestätigt worden (für einen Überblick: Krajewski & Simanowski, 2016; Schneider, Küspert & Krajewski, 2013). Auf diesem Modell aufbauend entwickelte sie mit Kollegen das Förderprogramm „Mengen, zählen, Zahlen (MZZ)“ (Krajewski et al., 2007). Die bisherigen Fördererfolge mit dem MZZ bestätigen die Effektivität und die Relevanz einer zielgerichteten Förderung auf Basis wissenschaftlich identifizierter Vorläuferkompetenzen (Ennemoser, Sinner & Krajewski, 2015; Hasselhorn & Linke-Hasselhorn, 2013; Hecht, Sinner, Kuhl & Ennemoser, 2011; Krajewski, Nieding & Schneider, 2008; Krajewski, Renner, Nieding & Schneider, 2008; Sinner, 2011; Sinner & Kuhl, 2010).

Neben dem oben beschriebenen Theoriestrang der Entwicklung mathematischer Kompetenzen beschäftigt sich diese Arbeit mit einer Fördermethode, die aus den USA stammt und den unterrichtlichen Anforderungen an den Umgang mit heterogenen Lerngruppen gerecht werden soll. Nach der deutschen Unterzeichnung der UN-Menschenrechtskonvention zum inklusiven Schulsystem in 2009 waren die Auswirkungen für die Schullandschaft in Deutschland nicht absehbar, obwohl jedoch früh feststand, dass es gelingen muss, Methoden zur effizienten Förderung zu finden, mit denen der Leistungsheterogenität in einer Lerngruppe begegnet werden kann. Ein möglicher Ansatz, die geforderte

und notwendige Individualität in den Unterricht einzubetten, ist Partnerarbeit. Aufbauend auf diesem alten Prinzip und gepaart mit Elementen des selbstregulierten Lernens (Zimmerman, 1998) entwickelten D. Fuchs et al. (1997) das Programm „peer-assisted learning strategies (PALS)“, von dem neben verschiedener Versionen zur Förderung von Schriftsprachgebrauch und Mathematik bei Schülern auch eine Version zur Förderung des mathematischen Verständnisses im Kindergartenalter vorliegt (L. S. Fuchs, D. Fuchs & K. Karns, 2001). Evaluationen zeigen eine gute Wirksamkeit des Programms im Allgemeinen (D. Fuchs et al., 1997; Kearns et al., 2010; L. S. Fuchs et al., 2001; L. S. Fuchs, D. Fuchs, L. Yazdian & S. R. Powell, 2002; Rafdal, McMaster, McConnell, Fuchs & Fuchs, 2011).

Offen ist bislang, ob sich die Prinzipien des PALS-Programms als allgemein förderliches Trainingssetting auf andere Programme zur Mathematikförderung übertragen lässt und bei deutschen Vorschulkindern erfolgreich primärpräventiv eingesetzt werden kann. Es wird folglich und unter anderem untersucht, ob die angebotene Förderung die Anzahl an Risikokindern für die Entwicklung einer Rechenschwäche gegenüber einer Kontrollgruppe reduzieren kann. Hierzu wurde das bereits positiv evaluierte Förderprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski et al., 2007) eingesetzt. In einer Untersuchungsgruppe wurde es in der ursprünglichen Weise als Kleingruppenttraining mit direkter Instruktion eingesetzt, während es für die Förderung einer anderen Untersuchungsgruppe an die Anforderungen einer peer-gestützten Förderung angepasst wurde. Die vorliegende Studie möchte also herausfinden, ob peer-gestützte Förderung mathematischer Kompetenzen bei deutschen Vorschulkindern erfolgreich ist und ob die peer-gestützte Förderung einen noch höheren Fördererfolg erzielt, als er bereits aus den vorliegenden Studien zur Evaluation des MZZ bekannt ist. Daraus abgeleitet, ergibt sich der nachfolgend beschriebene Aufbau dieser Arbeit:

Das erste Kapitel widmet sich dem aktuellen Forschungsstand zur natürlichen Entwicklung mathematischer Kompetenzen. Hierbei werden sowohl spezifische als auch unspezifische Vorläuferkompetenzen für den erfolgreichen Erwerb arithmetischer Kompetenzen vorgestellt. Darauf aufbauend werden im zweiten Kapitel Möglichkeiten der Förderung mathematischer Vorläuferkompetenzen dargestellt. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf dem Programm „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski et al., 2007), welches in der durchgeführten Studie verwendet wurde. Der zweite Theoriestrang, der ab dem dritten Kapitel verfolgt wird, beschäftigt sich mit peer-gestützter Förderung im Allgemeinen, sowie im Speziellen mit peer-gestützter Förderung bei Kindergartenkindern. Anschließend werden beide Theoriestränge miteinander verknüpft und Fragestellungen und Hypothesen für die eigene Untersuchung formuliert (Kapitel 4). Im fünften Kapitel erfolgt die Beschreibung des methodischen Vorgehens. Daran anschließend werden die Ergebnisse in Bezug auf die zuvor formulierten Fragestellungen und Hypothesen dargestellt (Kapitel 6). Die Arbeit schließt mit einer Diskussion der Ergebnisse und gibt Implikationen für die Praxis und weitere Forschung (Kapitel 7).

## 1 Natürliche Entwicklung der Mengen-Zahlen-Kompetenzen

Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen ist ein gutes Beispiel für lebenslanges Lernen (Halberda, Ly, Wilmer, Naiman & Germine, 2012). Bereits bei Säuglingen konnten erste mathematische Kompetenzen festgestellt werden, die sich mit dem Älterwerden verändern und weiterentwickeln. Im Folgenden wird daher diese chronologische Weiterentwicklung mathematischer Kompetenzen kurz skizziert. Weiter werden leistungsdeterminierende Faktoren für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen dargestellt. Dazu wird zunächst auf unspezifische Faktoren und (soweit bekannt) deren Wirkweise eingegangen. Anschließend werden spezifische Einflussfaktoren beschrieben und ein aktuelles Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung (Krajewski, 2003) vorgestellt. Das Kapitel schließt mit der Darstellung der prognostischen Validität des Entwicklungsmodells ab. Der Schwerpunkt aller Darstellungen liegt entsprechend dem Fokus dieser Arbeit auf dem Kindergartenalter.

Klassische Habituiierungsparadigma-Studien<sup>1</sup> offenbarten Anzeichen dafür, dass bereits Säuglinge Anzahlen, Zahlbeziehungen und Rechenoperationen wahrnehmen können (Antell & Keating, 1983; Bijeljac-Babic, Bertoncini & Mehler, 1993; Cooper, 1984; Starkey & Cooper, 1980; Starkey, Spelke & Gelman, 1990; Wynn, 1992). In neueren Forschungen konnten diese Forschungsergebnisse zum Teil nicht repliziert werden oder wurden auf andere Ursachen zurückgeführt (Clearfield & Mix, 1999; Feigenson, Carey & Spelke, 2002; Simon, Hespos & Rochat, 1995). Dennoch haben die Kompetenzen, die in den kritischen Überprüfungen der frühen Habituiierungsexperimente gefunden wurden, durchaus nachfolgend beschriebenen mathematischen Bezug. So schlussfolgern Feigenson et al. (2002) aus ihren Ergebnissen, dass Säuglinge eher auf die kontinuierliche Mengenveränderung achten als auf konkrete Anzahlen und mathematische Handlungen. Säuglinge schauen also nicht darauf, ob es drei oder fünf oder „x“-Dinge sind, sie achten auch nicht darauf, ob es sich um eine Mengenzunahme oder -abnahme handelt, sondern sie erkennen, dass sich die gezeigte Menge verändert. Und gerade diese Wahrnehmung und Verarbeitung von Mengenveränderungsprozessen ist eine der entscheidenden Komponenten in der erfolgreichen Entwicklung früher mathematischer Einsichten, die als spezifische Vorläuferkompetenzen gelten (siehe Kapitel 1.2).

Die spezifischen Vorläuferkompetenzen entwickeln sich über die Kindergarten- und Schulzeit hinweg kontinuierlich weiter, wobei jedes Kind gleiche Entwicklungsstufen durchläuft, jedes Kind aber ein individuelles Tempo vorlegt (Fuson, 1988; Krajewski & Ennemoser, 2013). Zu den zu erwerbenden Kompetenzen gehören u.a. Zählfertigkeiten, Mengenvergleiche und der Umgang mit verschiedenen Repräsentationsformen von Zahlen (Dehaene, 1992; Krajewski, 2003). Obwohl bei den genannten Kompetenzen der Verdacht nahe liegt, dass sich diese in der frühen Kindheit entwickeln und deren Entwicklung mit der Grundschulzeit abgeschlossen sein sollte, konnten Ennemoser, Krajewski &

---

<sup>1</sup> In solchen Studien wird untersucht, ob ein Säugling Dinge unterscheiden kann. Dazu wird zum Beispiel die Blickdauer auf zwei unterschiedliche Dinge (hier z.B. Anzahlen) gemessen.

Schmidt (2011) bei Schülern der Klassen fünf bis neun eine vergleichbare Entwicklung zu jüngeren Kindern nachweisen, wenn der Zahlenraum im sechs- bis zehnstelligen Zahlenraum liegt. Außerdem hat die Forschung ergeben, dass Kinder einen mentalen Zahlenstrahl entwickeln, der sich mit dem Alter wandelt (für eine Übersicht siehe Link, Huber, Nuerk & Moeller, 2014). Zugleich unterliegt die Entwicklung der spezifischen Vorläuferkompetenzen dem Einfluss von unspezifischen und spezifischen Faktoren. Als unspezifisch gelten u.a. Intelligenz, Arbeitsgedächtnisleistung, Zugehörigkeit zu einer sozialen Schicht. Spezifische Faktoren, wie z.B. zählen, schätzen, Mengen-Zahl-Zuordnung, werden in den Modellen des „number sense“ (Dehaene, 1997) und der Zahl-Größen-Verknüpfung (zuerst veröffentlicht unter dem Namen: Mengen-Zahlen-Kompetenzen; Krajewski, 2003; Krajewski & Ennemoser, 2013) beschrieben.

### ***1.1 Unspezifische Einflussfaktoren***

Wie eingangs beschrieben, unterliegt der Entwicklung mathematischer Kompetenzen diversen Faktoren. Dieses Kapitel widmet sich den unspezifischen Einflussfaktoren, wie den personeninternen Faktoren, zum Beispiel die fluide Intelligenz, das Arbeitsgedächtnis und das Geschlecht, sowie den personenexternen Faktoren, zum Beispiel Umwelt und soziale Schicht. Die einzelnen Faktoren und ihr Einfluss auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen sollen im Folgenden näher betrachtet werden.

#### ***1.1.1 Intelligenz***

Aus der Intelligenz-Forschung sind verschiedene Modelle hervorgegangen. Die zwei großen Hauptströmungen umfassen das einfaktorielle Intelligenzkonzept, das auf Spearman zurückgeht und von Cattell (1965) zu einem zweifaktoriellen Konzept aus fluider und kristalliner Intelligenz weiterentwickelt wurde, sowie das mehrfaktorielle Intelligenzkonzept, welches auf Thurstone zurückgeht und mit Gardner (1994) und Jäger, Süß & Beauducel (1997) zwei deutschsprachige Vertreter hat. Eine der bekanntesten Definitionen, die in der psychologischen und sonderpädagogischen Praxis Verwendung findet, stammt von Wechsler (1944). Intelligenz wird dabei verstanden als die „Fähigkeit des Individuums, zweckvoll zu handeln, vernünftig zu denken und sich mit seiner Umgebung wirkungsvoll auseinanderzusetzen“ (Wechsler, 1944, S. 3). Intelligenz im Sinne von Wechsler ist somit mehrdimensional und beinhaltet die fluide Intelligenz, die kristalline Intelligenz, die Arbeitsgedächtnisleistung und die visuelle Wahrnehmung und Verarbeitungsgeschwindigkeit (Daseking, Petermann & Petermann, 2007). Die daraus für die vierte Version des Wechsel-Intelligenztests (HAWIK-IV, Daseking et al., 2007) abgeleiteten Skalen konnten faktorenanalytisch bestätigt werden (Keith, Fine, Taub, Reynolds & Kranzler, 2006).

Dass intelligentes Vorgehen zur Lösung von mathematischen Herausforderungen benötigt wird, kann beispielsweise an Textaufgaben dargestellt werden. So muss zunächst das mathematische Problem im Aufgabentext identifiziert werden, bevor eine geeignete Lösungsstrategie geplant, durchgeführt und auf seine Richtigkeit hin überprüft werden kann. Daraus ergibt sich, dass eine Lösungsmethode

vernünftig gewählt bzw. entwickelt werden muss, um zweckvoll zu handeln. In diesem Sinne ist ein Einfluss der Intelligenz auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen anzunehmen. So haben verschiedene Autoren Zusammenhänge zwischen Intelligenz und unterschiedlichen Maßen des Niveaus mathematischer Fertigkeiten (z.B. Schulnote, Ausprägung in einem standardisierten Verfahren) identifizieren können. Stern (2003) reanalysiert Ergebnisse der SCHOLASTIK- und der LOGIK-Follow-Up-Studien. Sie vergleicht dabei die korrelativen Zusammenhänge von Intelligenz mit Mathematikleistungen, die mit adaptierten Aufgaben aus der TIMSS-Studie bei Elftklässlern erhoben wurden. Zudem werden die Leistungen, Textaufgaben zu lösen, in der zweiten Klasse mit denen der elften Klasse verglichen. Es zeigt sich ein höherer korrelativer Zusammenhang zwischen den Mathematikleistungen in der zweiten und elften Klasse als zwischen Intelligenz und den Mathematikleistungen in der elften Klasse. Dennoch besteht ein Zusammenhang von Intelligenz und mathematischem Problemlösen über „konfundierte Varianzen“. Kinder mit einer höheren Intelligenz erwerben über die Zeit mehr mathematisches Wissen, was wiederum mit höherer mathematischer Problemlösefähigkeit in Verbindung steht.

Der von Stern (2003) berichtete indirekte Zusammenhang zwischen Intelligenz und mathematischem Problemlösen steht im Einklang mit den Ergebnissen einer Untersuchung von 166 Schülern im Alter von 11 bis 14 Jahren in Portugal (Primi, Ferrao & Almeida, 2010). Diese Studie fand bedeutsame Zusammenhänge zwischen der Intelligenz mit dem Ausgangsniveau in Mathematik (je nach IQ-Subtest:  $r = .43$  bis  $r = .63$ ) und mit dem Lernzuwachs über den Beschulungszeitraum von siebter und achter Klassenstufe (IQ mit Entwicklung in siebter Klasse:  $r = .09$  n.s. bis  $r = .27$ ; IQ mit Entwicklung in achter Klassenstufe:  $r = .11$  n.s. bis  $r = .55$ ). Die niedrigsten Zusammenhänge zeigten sich zwischen dem räumlichen Denken (SR: spatial reasoning) und der Entwicklung mathematischer Fertigkeiten. Die höchsten Korrelationen zwischen Intelligenzvariablen und mathematischem Ausgangsniveau zeigten sich für die Gesamtintelligenz. Das mathematische Ausgangsniveau korrelierte mittelhoch ( $r = .61$ ) mit dem mathematischen Niveau am Ende der achten Klasse (Primi et al., 2010). Die Autoren fassen ihre Ergebnisse so zusammen, dass eine höhere Intelligenz im Zusammenhang mit einem höheren mathematischen Ausgangsniveau und einer steileren Leistungsentwicklung steht.

In einer Validierungsstudie von Esser & Wyschkon (2011) zur „Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Vorschulalter – Version II“ (BUEVA-II; Esser & Wyschkon, 2012) berichten die Autoren von einem bedeutsamen Zusammenhang zwischen im Vorschulalter gemessener non-verbaler Intelligenz mit der ca. zwei Jahre später gemessenen Mathematikleistung im „Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Grundschulalter“ (BUEGA; Esser, Wyschkon & Ballaschk, 2008). Dieser fällt zwar mit  $r = .33$  niedriger aus, als die Zusammenhänge in den oben berichteten Studien, stellt aber dennoch einen weiteren Beleg für den Zusammenhang von Intelligenz und Mathematikleistung dar.



Simanowski (2014) weist in einer Langzeitstudie mit ca. 220 Kindern im Übergang vom Kindergarten zur Grundschule ebenfalls signifikante Korrelationen zwischen Intelligenz und Mathekompetenz nach. Die im Alter von 4;8 Jahren gemessene fluide Intelligenz korreliert mit der Rechenperformanz in der ersten Klasse mit  $r = .32$  hoch signifikant. In einem Pfaddiagramm zur Vorhersage der Rechenperformanz wird darüber hinaus deutlich, dass die Intelligenz direkten Einfluss auf den Umgang mit der Zahlwortfolge zu Beginn des ersten Schuljahres (Alter: 6;8 Jahre) nimmt. Ein direkter Einfluss auf die Rechenperformanz am Ende der ersten Klasse (Alter: 7;3 Jahre) zeigt sich hingegen nicht. Die Rechenperformanz scheint vielmehr durch einen Teil der exekutiven Funktionen (Updating) und dem Zahlverständnis vorhergesagt werden zu können (für eine genauere Darstellung des Einflusses des Zahlverständnisses siehe Kapitel 1.2).

Mit den berichteten korrelativen Zusammenhängen und der berichteten Pfadanalyse scheint weitere Evidenz für die von Stern (2003) hervorgehenden Schlussfolgerung zu bestehen, dass Kinder mit höherer Intelligenz sich über die Zeit mehr mathematisches Wissen aneignen und dies die Basis für gute Mathematikleistungen im weiteren Schulverlauf ist. Defizite in der Intelligenz können nach Stern (2003) durch Vorwissen ausgeglichen werden, fehlendes Vorwissen aber nicht durch Intelligenz.

### *1.1.2 Arbeitsgedächtnis*

Als Arbeitsgedächtnis wird im Allgemeinen der Kurzzeitspeicher genannt, mit dessen Hilfe es möglich ist sich Informationen über eine kurze Zeit zu merken und Informationen für komplexere Tätigkeit zu verarbeiten. Ein bekanntes und allgemein verwendetes Modell beinhaltet die drei Elemente: zentrale Exekutive, phonologische Schleife und visuell-räumlicher Skizzenblock (Alloway, Gathercole & Pickering, 2006; Baddeley, 1986). Dabei hat die „zentrale Exekutive“ eine koordinierende Rolle für die beiden anderen Leistungssysteme, verpackt die Informationen in memorierbare Einheiten und vergleicht neue Informationen mit Informationen aus dem Langzeitgedächtnis. Die phonologische Schleife dient als Speicher von auditiven Informationen (z.B. das Merken einer Telefonnummer bis zum Wählen durch andauerndes wiederholendes Vorsagen der Nummer im Kopf). Im visuell-räumlichen Skizzenblock werden dagegen Muster und Wege gespeichert (z.B. welchen Weg auf einem Schachbrett hat der Gegner gemacht).

In einer aktuellen Arbeit zur prognostischen Validität der Arbeitsgedächtnistestbatterie (AGTB; Hasselhorn et al., 2012) zeigen Fischbach, Preßler & Hasselhorn (2012), dass die Arbeitsgedächtnisleistung ca. 25% der Varianz von Schulleistungen in der zweiten Klasse aufklären kann. Damit wird der generelle Zusammenhang deutlich, aber wie genau die beiden Leistungskomponenten miteinander verknüpft sind, bleibt offen. Um den Einfluss des Arbeitsgedächtnisses auf die Entwicklung von mathematischen Kompetenzen genauer beschreiben zu können, rekrutierten Kroesbergen & van Dijk (2015) 154 Kinder im Alter von achteinhalb Jahren, von denen 26 eine mathematische Lernschwäche (mathematical learning disabilities; MLD) aufweisen. Sie bilden vier Untersuchungsgruppen: Durchschnittlich entwickelte Kinder, Kinder mit schwachen

Arbeitsgedächtnisleistungen aber ohne MLD, Kinder mit MLD ohne schwache Arbeitsgedächtnisleistungen und Kinder mit schwachen Leistungen in Mathematik und im Arbeitsgedächtnis. Die Autoren vermuten, dass die Kinder mit einer Schwäche in einem Kompetenzbereich schlechter abschneiden als die Gruppe durchschnittlich entwickelter Kinder und die Gruppe mit kombinierter Schwäche die niedrigste Kompetenzstufe aufweisen wird. Anhand einer hierarchischen Regression bestätigen die Autoren ihre Hypothesen, wobei sich hauptsächlich ein Einfluss des visuell-räumlichen Skizzenblocks und der number sense Kompetenzen (z.B. Zählen, Zahlwissen, Zahltransformationen, Schätzen, Zahlenmuster; Genauer in Kapitel 1.2.1) im Sinne von Deaene (1992) zeigt. Diese Aussage steht im Einklang mit den Untersuchungen von L. S. Fuchs et al. (2010) und Träff (2013), die den Einfluss jedoch bei älteren Schülern fanden und die Einflussfaktoren nicht mit einander verglichen (Kroesbergen & van Dijk, 2015). Der Befund zum ausschließlichen Einfluss des visuell-räumlichen Skizzenblocks bestätigt die Befunde von Bull, Espy & Wiebe (2008), die mit im Kindergartenalter (4;6 Jahre) erhobenen Arbeitsgedächtnisleistungen die Lese- und Mathematikleistungen in der ersten und dritten Klasse vorhersagen konnten. Besondere Bedeutung bei der Vorhersage mathematischer Leistung kommt also dem visuell-räumlichen Skizzenblock zu. Auch Krajewski, Schneider & Nieding (2008) und Krajewski & Schneider (2009b) finden Zusammenhänge zwischen der Arbeitsgedächtnisleistung und der Entwicklung mathematischer Kompetenzen. Dabei nimmt insbesondere die Leistung im visuell-räumlichen Skizzenblock (gemessen im Alter von 5;8 Jahren) Einfluss auf die Entwicklung des einfachen und tiefen Zahlverständnisses, welches im Alter von 6;5 Jahren gemessen wurde (siehe Kapitel 1.2.2, Entwicklungsmodell spezifischer mathematischer Vorläuferkompetenzen). Es zeigt sich aber kein direkter Einfluss auf die Rechenkompetenz in der dritten Klasse (Krajewski & Schneider, 2009b). Träff (2013) stellt darüber hinaus fest, dass die Aufgabenkomplexität die Art und Weise der kognitiven Herangehensweise beeinflusst. Dies scheint ein wichtiger Punkt für die Förderung mathematischer Kompetenzen nicht nur bei Schülern mit intellektuellen Beeinträchtigungen zu sein (Genauer hierzu in Kapitel 2.1).

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Studien konnte auch in Überblicksarbeiten zum Forschungsstand gezeigt werden, dass für die Lösung mathematischer Probleme sowohl die Fähigkeit der Speicherung als auch der Manipulation im Arbeitsgedächtnis benötigt wird (LeFevre, DeStefano, Coleman & Shanahan, 2005;). Dies bestätigen auch Raghubar, Barnes & Hecht (2010), gehen aber noch detaillierter vor. Sie finden zum Beispiel Hinweise darauf, dass die Art und Weise der Aufgabenpräsentation beeinflusst, welche Arbeitsgedächtniskompetente mehr oder weniger angesprochen wird. Auch scheinen exekutive und visuell-räumliche Funktionen im Zusammenhang mit dem Erlernen mathematischer Kompetenzen zu stehen, während die phonologische Schleife eher dann zum Einsatz kommt, wenn eine bereits erlernte Kompetenz angewendet wird. Auf dieser Detailebene ist, trotz des oben beschriebenen Konsens, bis heute nicht abschließend geklärt, wie genau die Arbeitsgedächtnisleistung Einfluss auf die Entwicklung nimmt (Raghubar et al., 2010). Für die Entwicklung zukünftiger Förderprogramme im Bereich Mathematik wäre weitere Forschung zur

Herstellung evidenterer Aussagen auf dieser Detailebene wünschenswert, da so Aufgabenformate entwickelt werden könnten, die die von der Zielgruppe eingesetzten Arbeitsgedächtniskomponenten berücksichtigen.

### 1.1.3 *Geschlecht*

In internationalen Vergleichsstudien zu schulischen Leistungen in verschiedenen Ländern (z.B. IGLU und PISA) werden geschlechterspezifische Unterschiede deutlich. Im Fach Mathematik zeigen Mädchen oft schlechtere Leistungen als ihre männlichen Klassenkameraden. Diese Unterschiede sind jedoch relativ klein und zeigen sich nicht konsistent über alle teilnehmenden Länder hinweg (Baumert et al., 2001). In einer Reanalyse der PISA-Daten stellen Brunner, Krauss & Kunter (2008) fest, dass der Unterschied zwischen Mädchen und Jungen im Leistungsstand mathematischer Kompetenzen größer ist, wenn die Intelligenz kontrolliert wird. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Reilly, Neumann & Andrews (2015) als sie in einer Meta-Analyse nationaler Untersuchungen zum Lernzuwachs im Zeitraum von 1990 bis 2011 geschlechtsspezifische Differenzen in den Unterrichtsfächern Mathematik und Naturwissenschaften untersuchen. Sie können kleine Effekte für den Leistungsunterschied in beiden Fächern ausmachen, machen aber keine Angabe darüber, ob die Intelligenz in ihren Analysen kontrolliert wurde. Der Leistungsunterschied im Fach Mathematik wächst mit fortschreitendem Schulbesuch in dieser Studie (Klasse 4:  $d = 0.07$ ; Klasse 8:  $d = 0.04$ ; Klasse 12:  $d = 0.12$ ). Zusätzlich sind in der Gruppe leistungsstarker Schüler männliche Schüler in einem Verhältnis von 2:1 überrepräsentiert. Dagegen kommen Scheiber, Reynolds, Hajovsky & Kaufman (2015) in einer repräsentativen Studie zu geschlechtsspezifischen Differenzen im Lernerfolg zu dem Ergebnis, dass sich bei 6 bis 21-jährigen Kindern und Jugendlichen kein geschlechtsspezifischer Unterschied finden lässt. Vielmehr hat der elterliche Bildungshintergrund einen prädiktiven Effekt auf die mathematischen Kompetenzen der Teilnehmer (Näheres dazu siehe Kapitel 1.1.5). Mit dieser kurzen Darstellung wird bereits deutlich was Lachance & Mazzocco (2006) für Grundschüler und McGraw, Lubienski & Strutchens (2006) in einer US-amerikanischen Überblicksanalyse von Studien zwischen 1990 bis 2003 des National Assessment of Educational Progress (NAEP) finden: Die Geschlechterunterschiede sind eher klein oder hängen vom allgemeinen kognitiven Niveau der Studienteilnehmer, dem Alter oder den abgefragten mathematischen Kompetenzen ab. Dies steht im Einklang mit der kurzen Literaturübersicht von Aunio, Korhonen, Bashash & Khoshbakht (2014), die ebenfalls abhängig von der geforderten mathematischen Kompetenz unterschiedliche Ergebnisse zu geschlechtsspezifischen Unterschieden berichten. Außerdem zeigen sich je nach Nation unterschiedliche Ergebnisse. So werden aus den USA keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen bei der Entwicklung früher numerischer Kompetenzen berichtet, während diese in England und Finnland gefunden werden (Aunio et al., 2014). In ihrer eigenen Studie können Aunio et al. (2014) geschlechtsspezifische Unterschiede in der Entwicklung früher numerischer Kompetenzen (insbesondere bei Vergleichskompetenzen) bei finnischen und iranischen Kindern replizieren. Die Autoren vermuten als Ursachen für den Unterschied, dass die besseren sprachlichen Fertigkeiten bei Mädchen, die sie zum Zeitpunkt der Einschulung

gegenüber ihren männlichen Klassenkameraden haben, Einfluss nehmen könnten (Hautamäki et al., 2001 zitiert nach Aunio et al., 2014). Darüber hinaus nehmen die Autoren an, dass Unterschiede im allgemeinen Entwicklungsstand und in den verschiedenen Lernvoraussetzungen ursächlich sein könnten. So können die oben genannten Studienergebnisse von McGraw et al. (2006) und Lachance & Mazzocco (2006) mit den neueren Ergebnissen von Aunio et al. (2014) belegt und auf Europa übertragen werden.

Aufgrund international widersprüchlicher Ergebnisse im Hinblick auf geschlechterspezifische Unterschiede in verschiedenen mathematischen Kompetenzen erscheint eine Fokussierung auf Ergebnisse aus Deutschland sinnvoll. Hierzu liegen drei Studien vor. In einer Reanalyse der Ergebnisse einer Studie von Krajewski (2003) weisen Schneider et al. (2013) ebenfalls geschlechterspezifische Unterschiede in mathematischen Vorläuferkompetenzen nach. Jungen können demnach im letzten Kindergartenjahr besser mit der Zahlwortfolge und Zahl-Größen-Verknüpfungen operieren als gleichaltrige Mädchen. Die Autoren berichten von einem mittleren Effekt. Dieser Unterschied nimmt zum Ende der Kindergartenzeit ab und ist auch zu Beginn der Grundschulzeit nur in geringer Ausprägung vorhanden. Dies steht im Einklang mit einer Studie von Dornheim (2008), die zwar dieselbe Alterskohorte untersuchte jedoch andere Verfahren zur Überprüfung mathematischer Kompetenzen anwendete. Auch diese Studie zeigt nur kleine geschlechtsspezifische Unterschiede in frühen mathematischen Fertigkeiten. In einer neueren Studie finden sich dagegen keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Entwicklung mathematischer Vorläuferkompetenzen (Niklas & Schneider, 2012). Die Leistungen unterscheiden sich erst ab der ersten Klasse mit kleinen bis mittleren Effekten ( $d = -0.21$  bis  $d = -0.59$ ) zu Ungunsten der Mädchen. Somit ergibt sich auch für frühe mathematische Kompetenzen bei deutschen Kindergartenkindern ein diffuses Ergebnisbild, welches den weiteren Forschungsbedarf in diesem Bereich aufzeigt.

### *1.1.4 Phonologische Bewusstheit*

In Prävalenzstudien zeigt sich, dass Schwächen in mathematischen und schriftsprachlichen Kompetenzen komorbid auftreten können und die Prävalenzrate jeweils bei 3 bis 4% liegt (Aster, Schweiter & Weinhold Zulauf, 2007; Remschmidt, 2000). Bislang wurde allerdings der domänenübergreifende Zusammenhang von spezifischen Vorläuferkompetenzen kaum untersucht. Es gibt nur wenige Studien, die den Zusammenhang oder Einfluss von schriftsprachlichen Vorläuferkompetenzen auf die Entwicklung basisnumerischer oder mathematischer Kompetenzen und umgekehrt untersuchen. Eine erste Studie dazu liegt von Bradley & Bryant (1985) vor. Sie finden einen höheren Zusammenhang zwischen Phonologischer Bewusstheit und den drei Jahre später erhobenen Lese- und Rechtschreibkompetenzen ( $r = .50$ ) als der Matheleistung ( $r = .33$ ), dennoch können sie eine bedeutsame Verknüpfung von phonologischer Bewusstheit und mathematischer Kompetenz identifizieren. Auch Alloway et al. (2005) berichten diesen Zusammenhang. Sie vergleichen den Leistungsstand in der Phonologischen Bewusstheit von vier bis fünf jährigen Kindern mit den

Lehrereinschätzungen von mathematischen Kompetenzen kurz nach Schuleintritt ( $r = .49$ ). In einer längsschnittlichen Untersuchung mit älteren Kindern finden Hecht, Torgesen, Wagner & Rashotte (2001) diesen Zusammenhang ebenfalls mit mittelhohen Zusammenhängen bei Kindern der zweiten bis fünften Klasse.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse und in Verbindung mit den Stufen der Zählentwicklung von Fuson (1988) stellen Krajewski & Schneider et al. (2008) die Hypothese auf, dass der Einfluss der Phonologischen Bewusstheit auf die Rechenfertigkeiten indirekt über die Zählfertigkeiten erfolgt. Denn durch die Phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne lernen die Kinder grobe aber bedeutungsunterscheidende Einheiten der Lautsprache zu differenzieren (z.B. dem Differenzieren von Reimen, Silben oder Wörtern im Satz; Skowronek & Marx, 1989). Dies könnte die Differenzierung von Zahlwörtern ermöglichen und somit die Auflösung einer Zahlwortfolge als undifferenziertes Wortganzen („string level“ nach Fuson, 1988) hin zu einer Folge mit eigenständigen Zahlwörtern („unbreakable list“ nach Fuson, 1988) ermöglichen. Eine erste Studie mit 108 deutschen Kindergartenkindern (durchschnittlich 5;7 Jahre alt) gibt Hinweise auf den Einfluss der Phonologischen Bewusstheit (ohne Differenzierung zwischen weiterem und engerem Sinn) erhoben im Vorschuljahr auf den Entwicklungsstand von Zählfertigkeiten vier Monate später (Krajewski & Schneider, 2009b). Ein direkter Einfluss auf die Rechenkompetenz in der dritten Klasse zeigt sich nicht. Zusätzlich zeigt sich der visuell-räumliche Skizzenblock als signifikanter Einflussfaktor auf höheren Ebenen basisnumerischer Fertigkeiten (Näheres dazu in Kapitel 1.1.2). In einer neueren querschnittlich angelegten Studie mit 267 Kinder im durchschnittlichen Alter von 4;9 Jahren wird der signifikante Einfluss der Phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinn auf die Entwicklung der Zahlwortfolge nachgewiesen (Simanowski, Greiner & Krajewski, 2011). Der Einfluss bleibt auch nach Kontrolle der Arbeitsgedächtnisleistungen und der fluiden Intelligenz bestehen. Weiter kann mit dieser Studie bestätigt werden, dass die Phonologische Bewusstheit im weiteren Sinne keinen Einfluss auf höhere Mengen-Zahlen-Kompetenzen nimmt (Simanowski et al., 2011). Für einen besseren Nachweis der Kausalität fehlen bislang längsschnittliche Untersuchungen. Dennoch kann von einer Bestätigung der von Krajewski & Schneider et al. (2008) aufgestellte Hypothese zum Einfluss der Phonologischen Bewusstheit auf die Entwicklung von Mengen-Zahlen-Kompetenzen ausgegangen werden.

### *1.1.5 Anregungsgehalt der Umwelt und soziale Schicht*

Für Gesamtschulen, in denen die Spanne von sozialer Herkunft im deutschen Schulsystem am breitesten ist, haben die Autoren der PISA 2000 – Studie herausgefunden, dass die Kompetenzentwicklung an die soziale Herkunft gebunden ist. Dabei wird nicht zwischen einzelnen Schulfächern unterschieden, so dass die soziale Herkunft als allgemeiner schulleistungsdeterminierender Einflussfaktor gilt (Baumert et al., 2001). Auch in der IGLU Studie 2006 wird berichtet, dass es einen Leistungsvorsprung für Kinder aus Elternhäusern mit hohem sozioökonomischen Status gegenüber Kindern aus Elternhäusern mit niedrigem sozioökonomischen

Status gibt (Bos, Schwippert & Stubbe, 2006). Für mathematische Kompetenzen finden verschiedene Autoren ebenfalls einen Einfluss der sozialen Schicht bzw. des elterlichen Bildungshintergrundes (Griffin & Case, 1996; Jordan, Huttenlocher & Levine, 1992; Scheiber et al., 2015). In einer Studie mit spanischen Kindern ( $N = 127$ ) zeigt sich eine Verknüpfung zwischen der Anzahl der Computer im Haus und der frühen mathematischen Entwicklung, darüber hinaus zeigt sich jedoch kein Zusammenhang zwischen Variablen des sozioökonomischen Status und der Mathematikentwicklung (Navarro et al., 2012). In Deutschland scheint sich laut einer ersten Studie die soziale Schichtzugehörigkeit nicht auf die Entwicklung mathematischer Vorläuferkompetenzen im Kindergartenalter auszuwirken, sondern erst auf Rechenkompetenzen am Ende der Grundschulzeit (Krajewski & Schneider, 2006). von Niklas & Schneider (2012) ermitteln in einer neueren Studie ( $N = 922$ ) das „Home-Literacy-Environment (HLE)“ als relevanten Einflussfaktor für mathematische Vorläuferkompetenzen. Dieses wiederum wird durch den sozioökonomischen Status und den Migrationshintergrund beeinflusst. Der Einfluss von Abruf aus dem Langzeitgedächtnis und Intelligenz auf die Entwicklung mathematischer Vorläuferkompetenzen ist allerdings bei Kindern eineinhalb Jahre vor Einschulung größer als der Einfluss durch HLE. Ein direkter Einfluss der HLE auf Rechenkompetenzen in der ersten Klasse besteht laut der Autoren nicht (Niklas & Schneider, 2012; s. Abbildung 1, S. 12). Somit ergibt sich auch für den Einfluss der sozialen Schicht auf die Entwicklung mathematischer (Vorläufer-) Kompetenzen ein uneinheitliches Bild.

Klibanov, Levine, Huttenlocher, Vasilyeva & Hedges (2006) untersuchten die mathematische Kompetenzentwicklung in Kindergärten, die Klienten mit überwiegend niedrigem, mittlerem oder hohem sozioökonomischen Status aufnehmen. Darüber hinaus interessiert sie, wie sehr die Erzieher durch „math talk“<sup>2</sup> die Kompetenzentwicklung stimulieren können. Unter „math talk“ wird die Vermittlung mathematischen Inhalts durch alltägliche Situationen und Sprache verstanden, zum Beispiel durch das Zählen anwesender Kinder, durch Verwenden des Datums, durch Ermitteln wie viele Kinder fehlen, etc. (s. Tabelle 1, S. 13 ). Es zeigt sich erneut ein Unterschied in der mathematischen Kompetenzentwicklung in Abhängigkeit von der sozialen Schicht. Die „math talk“ Intensität nimmt insofern Einfluss, als dass eine höhere „math talk“ Intensität zu einer besseren Kompetenzentwicklung führt. In einer neueren Studie von Boonen, Kolkman & Kroesbergen (2011) wird der Einfluss von „math talk“ auf die Entwicklung von „number-sense“-Kompetenzen (Dehaene, 1992; Näheres dazu in Kapitel 1.2.1) bei 5-jährigen niederländischen Kindergartenkindern untersucht ( $N = 251$ ) und der Einfluss von Arbeitsgedächtnis und sozioökonomischen Status kontrolliert. Dazu teilen sie genauso wie Klibanov et al. (2006) „math talk“ in neun Kategorien auf (s. Tabelle 1 auf S. 13). Es wird nur für die „math talk“ – Kategorie „übliche Zahlverwendungen (conventional nominatives)“ ein positiver Zusammenhang mit Zählfertigkeiten identifiziert. Vielmehr berichten die Autoren negative Zusammenhänge zwischen dem

---

<sup>2</sup> „Math talk“ wird in dieser Arbeit unter „unspezifischen Einflussfaktoren“ verortet. Dies mag verwundern, denn mit „math talk“ wird eine spezifische Einflussnahme intendiert. Dennoch ist „math talk“ im Sinne von Klibanov, Levine, Huttenlocher, Vasilyeva und Hedges (2006) ein Bestandteil des „Anregungsgehalts der Umwelt“ und somit ein unspezifischer Einflussfaktor.

sprachlichen Lehrereinput in den „math talk“ – Kategorien Zählen (Counting), Zahlen sortieren (Ordering) und Zahlsymbole (numeric symbols) auf die Zählfertigkeiten der Kinder. Ein weiterer negativer Effekt zeigt sich für die „math talk“ – Kategorien Vielfalt und Zählaufgaben (Boonen et al., 2011).

Der Vergleich der beiden „math talk“-Studien zeigt kein einheitliches Ergebnisbild. „Math talk“, folgt man der neueren Studie aus den Niederlanden, zeigt nach Kontrolle von Arbeitsgedächtnisleistung und sozioökonomischem Status nur für „übliche Zahlverwendungen“ einen positiven Einfluss, wohin gegen sich für viele andere Kategorien des „math talk“ ein negativer Einfluss ergibt. „Math talk“ sollte daher solange vorsichtig eingesetzt werden, bis ein differenzierteres und evidenteres Ergebnis zur Wirkung vorliegt. Der Anregungsgehalt durch die Umwelt und der sozioökonomische Status scheinen zusammenfassend betrachtet indirekten Einfluss auf die Entwicklung mathematischer Fertigkeiten zu nehmen.

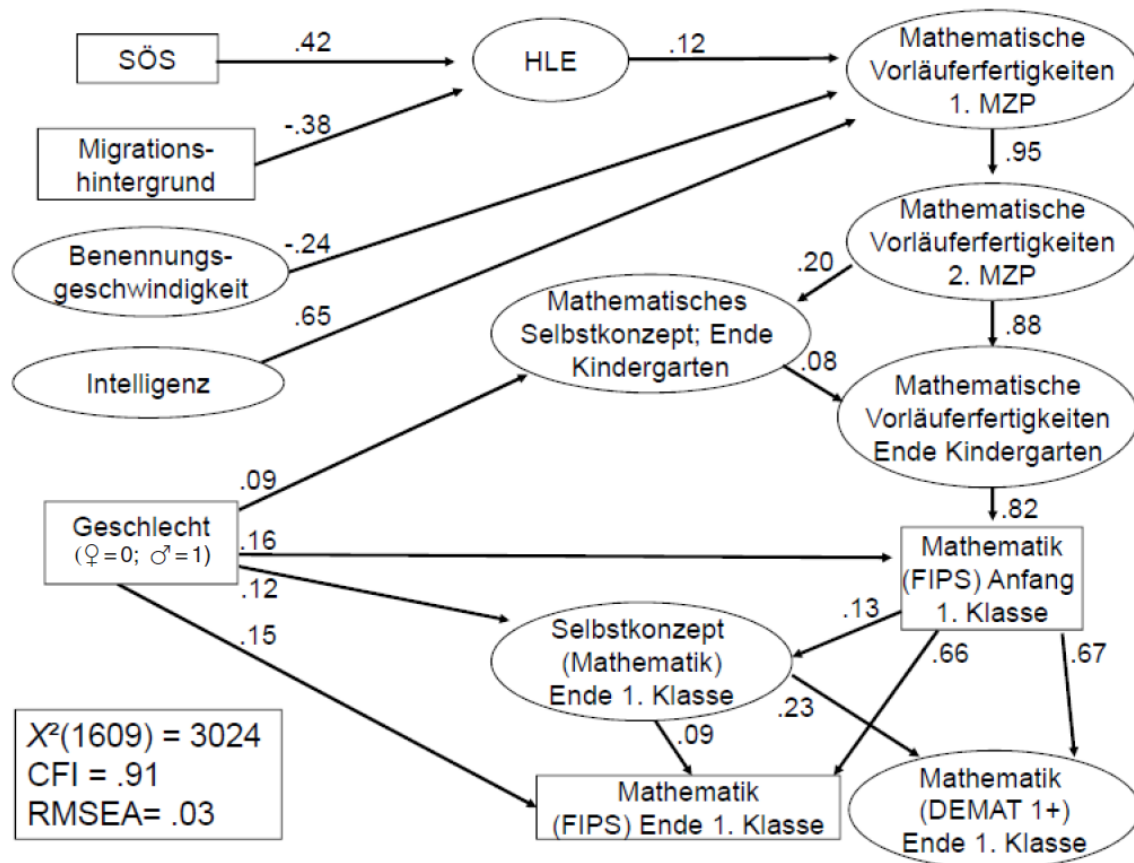


Abbildung 1: Strukturgleichungsmodell verschiedener Einflussfaktoren auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen nach Niklas & Schneider (2012, S. 133)

Tabelle 1: Auflistung der "math talk" Kategorien basierend auf Boonen et al. (2011, S. 287)

„math talk“ Kategorie	Beschreibung	Beispiele
Zählen (Counting)	Auswendiges Aufsagen von Zahlwörtern, Zählen von Objektes eines Sets und der Bitte dabei „subitizing“ zu verwenden (Subitizing die Kompetenz eine kurz präsentierte Anzahl wahrzunehmen, ohne dass wirklich gezählt wird)	„Jetzt zählen wir alle, wie viele Finger wir haben: 1, 2, 3, ...“ „Wir zählen jetzt gemeinsam von 10 bis 1: 10, 9, 8, ...“
Kardinalität (Cardinality)	Angabe (oder Aufforderung dazu) der Anzahl von Dingen in einem Set ohne diese zu zählen.	„Sicher, alle drei von euch können mithelfen.“ „Ist es richtig, dass ich drei Geschenke da drüben sehe?“
Gleichheit (Equivalence)	Aussagen, die eine quantitative Übereinstimmung beschreiben, sowohl in der Zahl als auch in der Menge, zwischen zwei oder mehr Entitäten. Dies beinhaltet a) Eins-zu-Eins-Zuordnung, b) eins-zu-viele Zuordnungen, c) die Aussage, dass zwei Mengen oder Sets gleich sind.	„Wir teilen so, dass jeder dasselbe bekommt.“ „Oh, ist es richtig, dass jedes Kind ein Bonbon bekommt?“ „Okay, dies und dies haben den gleichen Geldbetrag. Sie sind gleich.“
Ungleichheit (Nonequivalence)	Aussagen zu zwei oder mehr Entitäten, dass sie ungleich sind, mit Bezug auf a) undefinierte Mengen, b) eine Menge definiert ist und die andere(n) nicht, c) alle relevanten Mengen definiert sind.	„Ich habe es dir mehr als drei Mal gesagt jetzt!“ „Neun Leute haben ja gesagt, sieben sagten nein. Zu welcher Gruppe gehören mehr Leute?“
Zahlsymbole (number symbols)	Gelegenheiten, in denen Lehrer etwas mit geschriebenen Zahlen kennzeichneten oder das Kind bat ein Zahlsymbol zu bestimmen, ein Zahlsymbol zu schreiben oder eines zu finden.	„Ok, gleich hier oben. Welche Zahl ist das?“ „Schaut auf die Uhr. Welche Zahl steht oben?“ Beim Bingo spielen: „Gut, wenn ihr eine Sieben habt, legt ein Bonbon darauf.“
Übliche Zahlverwendungen (conventional nominatives)	Das Benutzen von Zahlen um Alter, Datum oder Zeit zu benennen.	„Ich bin 45 Jahre alt. Wie alt bist du?“ „Es ist der 13. November.“
Zahlen sortieren (Ordering)	Beispiele für Zahlen in einer Reihenfolge, die einen expliziten Bezug zu einer oder mehrerer Entitäten oder Sets aufweist. Das Aufsagen einer Zahlwortfolge wurde nicht als „Ordering“, sondern als „Zählen“ codiert.	„Sehr gut, gestern war acht und heute ist neun.“ „Sieben, was kommt nach der sieben?“
Rechnen (Calculation)	Gelegenheiten, in denen Lehrer eine Berechnung durchführten oder Kinder dazu aufforderten eine Aufgabe zu lösen.	„Normalerweise haben wir 24 Kinder. Heute fehlen aber 6. Wie viele Kinder sind wir heute?“ „Und wenn du drei der sechs wegnimmst, wie viele wirst du dann haben?“
Erforschungen zu den Tagen der Woche (Exploration of days of a week)	Gelegenheiten, in denen die Tage der Woche oder die Monate des Jahres erforscht wurden.	„Heute ist Dienstag, welcher Tag ist morgen?“



## ***1.2 Spezifische Einflussfaktoren***

Allen unspezifischen Einflussfaktoren ist gemein, dass sie zwar auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen wirken, aber eine geringere Prädiktionskraft als spezifische Einflussfaktoren haben. Sie wirken indirekt auf die mathematische Entwicklung und auch auf die Entwicklung anderer Kompetenzen. In diesem Kapitel werden Einflussfaktoren beschrieben, für die angenommen wird, dass sie direkten Einfluss auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen nehmen und somit spezifische Vorläuferkompetenzen für den Erwerb mathematischer Kompetenzen darstellen.

### ***1.2.1 Number sense***

Unter dem Begriff „number sense“ fassen verschiedene Autoren Kompetenzen zusammen, die sie als direkte Einflussfaktoren auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen identifizieren konnten. „Number sense“ soll äquivalent zum Konzept der Phonologischen Bewusstheit sein, die eine herausragende Rolle in der Entwicklung schriftsprachlicher Kompetenzen hat. Obwohl in verschiedenen Studien bereits der direkte Einfluss von „number sense“-Kompetenzen nachgewiesen wurde (z.B. Aunola, Leskinen, Lerkkanen & Nurmi, 2004; Gersten, Jordan & Flojo, 2005; Jordan, Glutting & Ramineni, 2010; Jordan, Kaplan, Locuniak & Ramineni, 2007; Mazzocco, Feigenson & Halberda, 2011; Passolunghi, Vercelloni & Schadee, 2007; Kolkman, Kroesbergen & Leseman, 2013), gibt es bis heute keine einheitliche Definition des Begriffs (Kroesbergen & van Dijk, 2015; für eine Übersicht siehe Sinner, 2011). Es liegen bislang zwei Arbeiten vor, die versuchen, die gefundenen Kompetenzen zu ordnen. Berch (2005) erstellt aus einer Literaturübersicht eine Liste mit 30 verschiedenen Kompetenzen zu „number sense“. Wie weitgefasst diese Kompetenzen sind, wird aus seiner Zusammenfassung deutlich (eigene Übersetzung):

Die Durchsicht [der 30 Kompetenzen] offenbart, dass number sense mutmaßlich eine Bewusstheit, Einsicht, (Wieder-)erkennung, Wissen, Fertigkeiten, Fähigkeiten, Lernbegierde, Gefühl, Erwartung, Prozess, konzeptuelle Struktur oder den mentalen Zahlenstrahl bezeichnet. Number sense zu besitzen, ermöglicht jemandem augenscheinlich alles, vom Verständnis der Bedeutung von Zahlen bis zur Entwicklung von Strategien zur Lösung komplexer mathematischer Probleme; von der Durchführung einfacher Mengenvergleiche bis zur Erfindung von Prozeduren zur Durchführung numerischer Operationen; und vom Verständnis schwerer Fehler bis zur Benutzung von quantitativen Methoden für die Kommunikation, Aufbereitung und Interpretation von Informationen. (Berch, 2005, S. 333–334)

Konkreter werden Jordan, Kaplan, Oláh & Locuniak (2006), indem sie die von Berch (2005) gefundenen „number sense“-Kompetenzen systematisiert in einer Tabelle zusammenfassen (siehe Tabelle 2).

*Tabelle 2: Kernkompetenzen von number sense nach Jordan, Kaplan, Oláh & Locuniak (2006) in eigener Übersetzung und um Beispielaufgaben aus dem Versuchsplan oder Kompetenzbeschreibung der Autoren erweitert*

Kategorie	Komponente	Beispielaufgaben
Zählen	Verstehen der Eins-zu-Eins-Zuordnung	Eine Puppe zählt Plättchen und baut teilweise Fehler. Das Kind muss entscheiden, ob richtig gezählt wurde.
	Wissen über Ordinalität und Kardinalität	Das Kind zeigt beim Zählen auf Papier gedruckte Sterne. Dann wird das Blatt umgedreht und das Kind soll sagen, wie viele Sterne es gezählt hat.
	Wissen über die Zahlreihenfolge	Das Kind wird aufgefordert bis 10 zu zählen.
Zahlwissen	Vergleichen und sortieren von Mengen	Das Kind wird gebeten den Nachfolger und den übernächsten Nachfolger einer Zahl zu nennen.
	Durchführen von numerischen Mengenvergleichen	Das Kind soll zwischen zwei verbal präsentierter Zahlen entscheiden, welche mehr oder weniger ist.
Zahltrans- formierungen	Veränderungen von Mengen durch Addition und Subtraktion	Non-verbale Aufgabe: Es werden Plättchen in einer Reihe auf eine Matte gelegt. Dann wird die Reihe abgedeckt und Plättchen hinzugefügt oder weggenommen. Das Kind soll sagen, wie viele Plättchen unter der Abdeckung liegen.
	Berechnungen in verbalen und non-verbalen Kontexten	
	Berechnungen mit und ohne Bezugsebene (physisch oder verbal)	Verbale Aufgabe: Durchführung gleich der non-verbalen Aufgabe plus zusätzlich präsentierter Rechengeschichte.
Schätzen	Überschlagen oder Schätzen von Mengengrößen	Karten mit verschiedenen Anzahlen in willkürlichen Anordnung werden dem Kind so lange präsentiert, wie es dauert zu sagen: „Wie viele Punkte siehst du ungefähr?“ Eine Zahl $\pm 25\%$ der richtigen Anzahl gilt als richtig.
	Benutzen von Referenzgrößen	<i>Ohne Aufgabenbeschreibung</i>
Zahlenmuster	Nachformen von Zahlmustern	<i>Ohne Aufgabenbeschreibung</i>
	Ausbauen / Verlängern von Zahlmustern	Es werden dem Kind Reihen mit verschiedenen Farbmustern gezeigt. Es muss entscheiden, welche Farbe in die Lücke gehört.
	Erkennen von numerischen Bezügen	Das Kind soll erkennen können, dass bei der Aufgabe $3+3=6$ und bei $4+2=6$ in der Lösung nichts ändert, weil der erste Summand um eins größer der zweite Summand aber um eins kleiner ist als in der Referenzaufgabe. *

\*Diese Aufgabe beschreiben die Autoren im Literaturüberblick verwenden sie aber nicht in ihrer Studie.

In der Übersicht von Jordan et al. (2006) wird die Kompetenz des „Benutzen von Bezugsgrößen“ aufgezählt aber keine Aufgabe dazu beschrieben. Außerdem fehlt in der Auflistung die Kompetenz „Zahlen auf einem Zahlenstrahl verorten“ zu können, obwohl unter anderem Dehaene (1997, 1999) diese Kompetenz als angeboren und wichtig beschreibt. In einer aktuellen Studie zu Zahlenstrahlaufgaben zeigt sich, dass die Verortung von Zahlen auf „geschlossenen“ Zahlenstrahlen (z.B. 0 -10) ein anderes Muster aufweist als auf „offenen“ Zahlenstrahlen (z.B. 0 - ??). In den Mustern

ist ein Altersunterschied festzustellen. Die Autoren führen den Unterschied auf schulisch bedingte Weiterentwicklung im Umgang mit Referenzgrößen zurück. Außerdem erwerben Kinder die Fähigkeit, Zahlenräume in kleinere Abschnitte zu untergliedern (Link et al., 2014). Somit könnte die Überprüfung der Kompetenz zum „Benutzen von Bezugsgrößen“ mit geschlossenen und offenen Zahlenstrahlaufgaben gelingen.

Nachdem „number sense“ Kompetenzen systematisiert dargestellt wurden und auch in Studien Belege für die Vorsagekraft der Kompetenzen auf die Rechenleistung in der ersten Klasse vorhanden waren, untersuchen Jordan, Kaplan, Ramineni & Locuniak (2009) die längerfristige Vorhersagekraft. Dazu rekrutieren sie 196 Schüler und untersuchen ihre Entwicklung in einem längsschnittlichen Design. Sie definieren „number sense“ in Übereinstimmung mit den Kompetenzen, die sie zuvor systematisiert haben (s. Tabelle 2) und wählen zur Abgrenzung des nicht übereinstimmend definierten Begriffs „number sense“ den Terminus „number competencies“. Dieser umfasst ausschließlich trainierbare Kompetenzen. In ihrer Studie zeigt sich, dass die im Kindergartenalter gemessenen „number competencies“ als bester Prädiktor sowohl für den späteren Leistungsstand als auch für die Leistungsentwicklung gelten können. Außerdem zeigen ältere Kindergartenkinder höhere Leistungsniveaus als jüngere. Dies berichten auch Aunio et al. (2014) für finnische und iranische Kinder.

Mit einer Definition von „number sense“, die auf Dehaene (1997, 1999) zurückgeht, untersuchen Kroesbergen & van Dijk (2015) den Einfluss von „number sense“ in Abgrenzung zum Einfluss von Alter, Intelligenz und Arbeitsgedächtniskomponenten auf die Entwicklung von Rechenkompetenz. Dazu nehmen sie 154 Schüler im Alter von ca. 8 Jahren in die Studie auf. Mittels hierarchischer Regressionen stellen sie fest, dass die Leistungen im visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnis und in den „number sense“ Kompetenzen gleichermaßen mit der späteren Mathematikleistung verknüpft sind. So führt sowohl eine Schwäche in einer der beiden Kompetenzen, als auch eine Schwäche in beiden Kompetenzen zu schwachen Mathematikleistungen, wobei die kombinierte Störung zu einer noch schlechteren Mathematikleistung führt als eine Schwäche in einer der beiden Kompetenzen.

Insbesondere mit der Aufzählung von „number sense“ - Kompetenzen durch Berch (2005) und dem daraus erwachsenen (unvollständigen) Systematisierungsversuch von Jordan et al. (2006) wird deutlich, was Kroesbergen & van Dijk (2015) damit meinen, dass bis heute keine allgemeingültige Definition von „number sense“ gefunden wurde. Obwohl aber „number sense“ unterschiedlich definiert wird, kann der Einfluss der beschriebenen Kompetenzen auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen belegt werden (Kolkman et al., 2013; L. S. Fuchs et al., 2010; LeFevre et al., 2010; Mazzocco et al., 2011; Smedt, Verschaffel & Ghesquiere, 2009). Diese einheitliche Definition ist aber insbesondere für die Forschung von großer Wichtigkeit, denn erst mit einer einheitlichen Definition von Vorläuferkompetenzen können international vergleichbare Aufgaben entwickelt werden, die wiederum Voraussetzung für den Vergleich von Leistungsentwicklung und Fördererfolgen sind. Ohne eine solche

einheitliche Definition, und damit eingehend ohne einheitliche Aufgabenformate sind bislang beschriebene Effekte wenig vergleichbar. Außerdem fehlt im „number sense“ eine Entwicklungssystematik, die Rückschlüsse auf die Zone der nächsten Entwicklungsstufe im Sinne von Vygotsky (1987) erlaubt. Die beschriebene Problematik einer fehlenden Entwicklungssystematik und einer einheitlichen Beschreibung der Kompetenzen hat Krajewski (2003) mit ihrem Entwicklungsmodell der „Mengen-Zahlen-Kompetenzen“ (heute: Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung) gelöst und darin die entscheidenden Vorläuferkompetenzen auf drei hierarchisierten Ebenen verortet. Dieses Modell wird im folgenden Kapitel beschrieben.

### *1.2.2 Das Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung*

Mit dem Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung (ZGV-Modell) systematisiert Krajewski (2003) gefundene Vorläuferkompetenzen auf drei Ebenen (s. Abbildung 2, S. 19). Auf der ersten Ebene, den Basisfertigkeiten, beherrscht das Kind bereits Größenunterscheidungen. Diese Kompetenz ist dem Kind, wie mit Säuglingsstudien gezeigt werden konnte, bereits angeboren. (s. Kapitel 1). Später wird das Kind anfangen, Zahlen aufzusagen, ohne dabei die exakte Zählreihenfolge einzuhalten oder zu wissen, wie viele Elemente sich hinter einer Zahl verbergen (vgl. Fuson, 1988). Dem Kind fehlt somit noch der Bezug von Zahlwort zur dahinterliegenden Größe. Mit weiteren Erfahrungen im Umgang mit Zahlen und weiteren Zählübungen erlernt das Kind die „exakte Zahlfolge“ und zählt nun richtig und ohne Auslasser bis zu einer Maximalzahl. Hauptmerkmal auf dieser Ebene ist also, dass die Kinder bereits mit Zahlwörtern operieren, ohne dass die Zahlwort einen Größenbezug haben. Eine typische Aufgabe zur Bemessung, ob diese Kompetenzstufe bei Vorschulkindern bereits erworben wurde, ist, diese zu bitten, so weit zu zählen, wie sie können und sich die höchste Zahl zu notieren, bis zu der fehlerfrei gezählt wurde.

Auf der zweiten Ebene, dem „einfachen Zahlverständnis“ entwickelt sich die Kompetenz Größen unterscheiden zu können weiter, so dass die Kinder in der Lage sind, Teil-Ganzes-Beziehungen und Zu- und Abnahmen von Mengen zu beschreiben. Die Kinder können also unterscheiden, ob eine Menge mehr oder weniger ist als eine Vergleichsmenge. Auch verstehen sie, dass eine Menge nur dann größer werden kann, wenn man etwas hinzugibt, und nur dann kleiner werden kann, wenn man etwas von der Menge wegnimmt. Somit entwickelt sich auch die Mengeninvarianz. Mengeninvariante Kinder können also unabhängig von der Form einer Menge bestimmen, welche Menge mehr oder weniger ist, und berücksichtigen dabei Kategorien wie „viel“, „wenig“ oder „sehr viel“, ohne dass diese Kategorien einen explizit benannte Anzahlen enthalten. Insgesamt erfolgt der Größenvergleich also noch ohne numerische Bezüge. Das heißt, die Kinder beschreiben eine Menge als „größer“, bestimmen aber noch nicht, um wie viele Elemente sich Lösungs- und Referenzmenge unterscheiden. Es entwickelt sich eine „unpräzise Größenrepräsentation“. Die Kinder erfahren, z.B. durch den Zählvorgang anderer Kinder, dass das Zählen bis zu einer bestimmten Zahl eher lange dauert (z.B. 100 oder 1000). Also schlussfolgern sie, dass die Zahl eine große Menge repräsentiert. Bei anderen Zahlen ist der Zählvorgang

recht kurz, also ist die Zahl für das Kind „klein“ (z.B. zwei, drei, eins). Wichtig ist dabei, dass die Zahlen nun in Kategorien zusammengefasst werden, in diesem Beispiel die Kategorien „sehr viel“ (z.B. 100 oder 1000) und „wenig“ (z.B. 2, 3, 1). Zwischen den beiden Kategorien kann das Kind bestimmen, welche Zahl mehr oder weniger ist. So kann es nach Aufgabenstellung sagen, dass 100 mehr ist als 3, weil die 100 in der Kategorie „sehr viel“ und die 3 in der Kategorie „wenig“ verortet ist. Ein Vergleich innerhalb einer Kategorie gelingt dem Kind aber noch nicht. Es kann also zum Beispiel noch nicht unterscheiden, ob die Zahl „zwei“ oder „drei“ mehr ist, da sie in diesem Beispiel beide in der Kategorie „klein“ liegen. Welche Zahlen in welcher Kategorie verortet sind, ist individuell unterschiedlich.

Mit weiteren Erfahrungen zur exakten Zahlfolge entwickelt sich die „präzise Größenrepräsentation“. Das Kind weiß nun, dass zur „eins“ ein Element gehört, zur „zwei“, zwei Elemente gehören, und so weiter. Das Kind lernt also, was Anzahlen bedeuten, in dem es einem bestimmten Zahlwort genau eine Menge zuordnet. Es entwickelt sich ein Verständnis für „Ziffern“. Zur Überprüfung dieser Kompetenz wird das Kind aufgefordert, zu einer schriftlich präsentierten Zahl, die entsprechende Menge zu legen. Mit der präzisen Größenrepräsentation erlangt das Kind die Kompetenz Größenvergleiche zwischen zwei Mengen erfolgreich durchzuführen. Diese waren während der Phase der „unpräzisen Größenrepräsentation“ noch nicht möglich, weil sich die Zahlen in einer Kategorie befanden. Das Kind kann nun, zum Beispiel innerhalb der Kategorie „wenig“ bestimmen, ob die „drei“ mehr oder weniger ist als die „zwei“. Weiterhin gelingt es den Kindern aber noch nicht zu bestimmen, wie viel mehr oder weniger die eine Menge im Vergleich zu einer anderen ist. Entscheidend für die zweite Ebene ist also die Verknüpfung von Zahlwörtern mit Größen.

Die Kompetenz Mengenvergleiche durchführen und die Unterschiede in Anzahlen ausdrücken zu können, entwickelt sich auf der dritten Ebene des Entwicklungsmodells. Das Kind erlangt ein „tiefes Zahlverständnis“. Es kann Mengen nun zusammensetzen oder zerlegen und Differenzen zwischen zwei Zahlen bestimmen. So kann es bestimmen und ausdrücken, dass die „fünf“ zwei Elemente mehr enthält als die „drei“ und umgekehrt. Ebenso kann es feststellen und beschreiben, dass man die „fünf“ in zwei Mengen à „drei“ und „zwei“ Teile zerlegen kann. Es kann somit folgende Aufgabe lösen: Dem Kind wird gezeigt, wie fünf Elemente zusammengelegt werden. Die Menge wird verdeckt. Anschließend werden zwei Elemente aus der verdeckten Menge entnommen. Das Kind löst die Aufgabe richtig, in dem es die verdeckte Restmenge mit „drei“ beziffert. Auf der dritten Ebene wird also das Verständnis von Größenrelationen und Zahlwörtern miteinander verknüpft. So weiß das Kind, dass die Zahlen beim Vorwärtzählen nicht nur immer größer werden, sondern dass der Abstand zwischen zwei benachbarten Zahlen immer „eins“ beträgt.

Für das Verständnis dieses Modells ist wichtig zu wissen, dass sich die Kompetenzentwicklung mit der Höhe des Zahlenraums, in dem entsprechende Aufgaben durchgeführt werden, verändert. So können die Kinder zum Beispiel im Zahlenraum bis 10 alle drei Ebenen vollständig erworben haben, im Zahlenraum bis 100 aber noch Schwierigkeiten mit Aufgaben der Ebene 2 aufweisen. Eindrucksvoll

zeigen dies Ennemoser et al. (2011) bei Schülern der Sekundarstufe. Sie lassen Aufgaben zu verschiedenen Ebenen im sechs- bis zehnstelligen Zahlenraum lösen und können feststellen, dass auch diese Aufgaben Varianz erzeugen und die gefundenen Ergebnisse mit der aktuellen Mathematikleistung korrelieren.

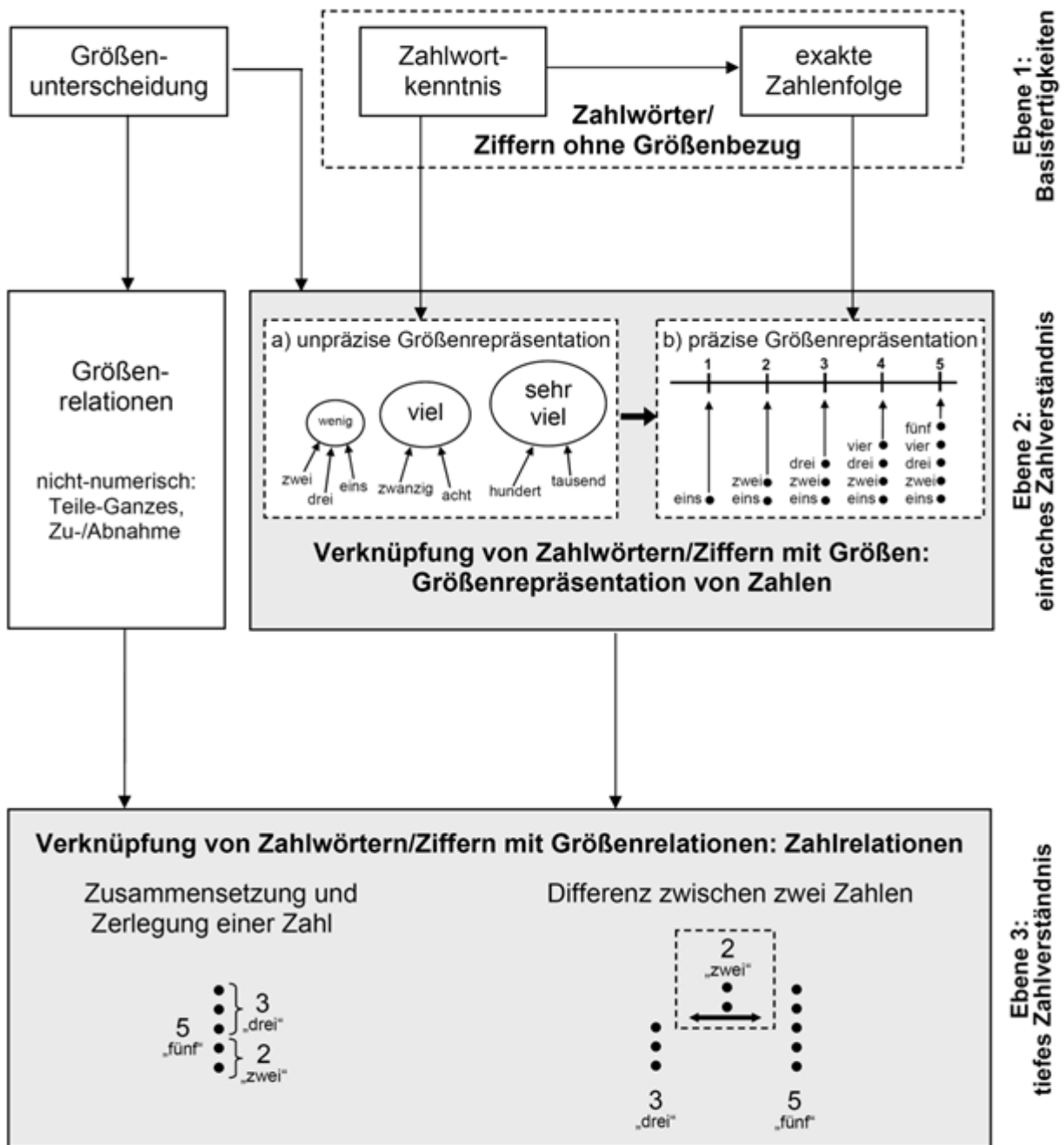


Abbildung 2: Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski (2007, 2013)

In einer neueren Studie von Niklas & Schneider (2012) (N = 922) mit Kindern im durchschnittlichen Alter von 77 Monaten wird die Zahl-Größen-Verknüpfungskompetenz als der bedeutendste Einflussfaktor für die erfolgreiche Entwicklung von Rechenfertigkeiten repliziert. Die Zahl-Größen-Kompetenzen wird mit Aufgaben überprüft, die dem hier beschriebenen Entwicklungsmodell entsprechen und von Krajewski (2003) erstmals eingesetzt wurden. Darüber hinaus nehmen die Autoren das mathematische Selbstkonzept, die fluide Intelligenz, das Geschlecht, die Benennungsgeschwindigkeit von Zahlen, der soziodemografische Status und der Migrationshintergrund in ein Pfadmodell auf (s. Abbildung 1 auf S. 12). Dieses macht deutlich, dass die überwiegende Anzahl unspezifischer Einflussfaktoren keinen direkten Einfluss auf die Rechenleistung in der ersten Klasse haben. Ausnahmen bilden hier das Geschlecht und das mathematische Selbstkonzept in der ersten Klasse. Diese haben Einfluss auf die Rechenleistung in der ersten Klasse. Die meisten unspezifischen Einflussfaktoren wirken auf die Entwicklung spezifischer Vorläuferkompetenzen. Somit ist der allgemeine Einfluss der Zahl-Größen-Verknüpfungskompetenz auf die Entwicklung von Rechenkompetenzen belegt. Eine Differenzierung der Ergebnisse nach Ebenen des Entwicklungsmodells von Krajewski (2003) fehlt allerdings. Ohne Anlehnung an das Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung identifiziert Dornheim (2008) vergleichbare mathematische Fertigkeiten, wie sie im zuvor genannten Modell beschrieben werden, als besten Einflussfaktor auf die Entwicklung mathematischer Kompetenz.

Eine solche Differenzierung nach Ebenen des ZGV-Modells nehmen Krajewski & Schneider (2009a, 2009b) und Simanowski (2014) vor. In der Studie von Krajewski & Schneider (2009a) mit 153 Kindergartenkindern im Alter von ca. sechs Jahren erstellen die Autoren ebenfalls ein Pfaddiagramm, welches neben den Kompetenzen der ersten beiden Ebenen des Entwicklungsmodells der Zahl-Größen-Verknüpfung auch die non-verbale Intelligenz, den sozioökonomische Status sowie die Benennungsgeschwindigkeit enthält. Darüber hinaus fließen die Ergebnisse aus einem Speedtest zum Lösen von Additionsaufgaben im Zahlenraum bis 10 und die mit einem standardisierten Mathematiktest für die vierten Klassen erhobene Rechenkompetenz ein. Die Kompetenzen der Basisfertigkeiten im Entwicklungsmodell von Krajewski (2003) werden von der Benennungsgeschwindigkeit und der fluiden Intelligenz beeinflusst. Auf die Kompetenzen des „einfachen Zahlverständnisses“ wirken die fluide Intelligenz und die Kompetenzen der Basisfertigkeiten. Die Kompetenzen des einfachen Zahlverständnisses wirken ebenso wie die Benennungsgeschwindigkeit auf das schnelle Lösen von Additionsaufgaben im Zahlenraum bis zehn. Der sozioökonomische Status nimmt neben den Kompetenzen des einfachen Zahlverständnisses und der Benennungsgeschwindigkeit Einfluss auf die Rechenkompetenzen der vierten Klasse. Als die Autoren die Rechenkompetenz der ersten Klasse mit in das Pfadmodell aufnehmen, verändert sich das Bild dahingehend, dass die Wirkung des einfachen Zahlverständnisses auf die Rechenkompetenz der vierten Klasse durch die Rechenkompetenz der ersten Klasse moderiert wird. Ebenso wirkt das schnelle Lösen von Additionsaufgaben im Zahlenraum bis 10 über die Rechenkompetenz in der ersten Klasse auf die Matheleistung in der vierten Klasse. Eine direkte

Wirkung des schnellen Lösens zeigt sich nicht mehr. Die übrigen Einflüsse bleiben unverändert. Diese Studie stellt ein erstes Indiz dafür dar, dass die Kompetenzen der zweiten Entwicklungsebene, dem einfachen Zahlverständnis, besondere Bedeutung für die langfristige Entwicklung von Rechenkompetenzen zukommt.

An der zweiten Studie von Krajewski & Schneider (2009b) nehmen 108 Vorschulkinder teil, die zu Beginn der Studie durchschnittlich 5;7 Jahre alt waren. Die Autoren zeigen auf, dass die Phonologische Bewusstheit (ohne weitere Differenzierung) Einfluss auf die Kompetenzen der Basisfertigkeiten nimmt, wohingegen das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis sowohl die Entwicklung der Phonologischen Bewusstheit als auch die Entwicklung der Kompetenzen des einfachen und tiefen Zahlenverständnisses beeinflusst. Phonologische Bewusstheit und visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis nehmen allerdings keinen Einfluss auf die mathematischen Kompetenzen zu Beginn der dritten Klassen. Diese mathematischen Kompetenzen können überwiegend durch die Leistungen im einfachen und tiefen Zahlenverständnis vorhergesagt werden. Ein geringer aber bedeutsamer Teil entfällt auf die Basisfertigkeiten, der ersten Ebene des Entwicklungsmodells.

Eine ähnliche Pfadanalyse nimmt Simanowski (2014) vor. In das Modell fließen die Daten von 262 Kindern ein, die zu Beginn der Studie im Mittel 4;8 Jahre alt waren. Allerdings untersucht sie neben dem Einfluss der Zahl-Größen-Verknüpfungskompetenzen den Einfluss von exekutiven Funktionen auf die Rechenperformanz in der ersten Klasse. Hier zeigt sich ebenfalls, dass der stärkste Einfluss vom einfachen Zahlverständnis ausgeht. Ein geringerer aber bedeutsamer Einfluss besteht durch Updating-Kompetenzen.

### ***1.3 Zusammenfassung und Reflexion***

In der Forschung wird zwischen spezifischen und unspezifischen Einflussfaktoren für die Entwicklung einer schulischen Kompetenz differenziert. Unspezifische Einflussfaktoren haben dabei gemein, dass sie nicht nur auf die mathematische Kompetenzentwicklung, sondern auch auf die Entwicklung anderer Kompetenzen Einfluss nehmen oder indirekt wirken. So wirkt die Intelligenz auf die Entwicklung von Basiskompetenzen des Modells der Zahl-Größen-Verknüpfung, nicht aber direkt auf die Rechenkompetenz. Für das Geschlecht, die soziale Schicht und die Anregung durch die Umwelt kann ebenfalls gezeigt werden, dass sie in den meisten Fällen nicht direkt Einfluss auf die Entwicklung der Rechenkompetenz nehmen. Die Befundlage ist hier allerdings nicht eindeutig, da sich die Ergebnisse zum Teil widersprechen (vgl. Einfluss des „math talk“). Eindeutig nehmen die Arbeitsgedächtnisleistung und die Phonologische Bewusstheit Einfluss auf die Entwicklung von spezifischen Vorläufern. Mit der Phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinne sind die Kinder in der Lage Lautsprache in größere bedeutsame Einheiten zu zerteilen, was ihnen hilft Zahlwörter als solche zu erkennen. Dies wirkt sich auf die erste Ebene, den Basisfertigkeiten, des Modells der Zahl-Größen-Entwicklung nach Krajewski (2003) aus. Ebenso kann der Einfluss des Arbeitsgedächtnisses auf die Entwicklung von spezifischen Vorläuferkompetenzen nachgewiesen werden. Insbesondere das visuell-



räumliche Arbeitsgedächtnis scheint ein entscheidender Faktor bei der Entwicklung entsprechender Kompetenzen zu sein. Darüber hinaus wirkt die Arbeitsgedächtnisleistung - je nach Studie - auf die Entwicklung von Rechenkompetenzen. Hier ist weitere Forschungsarbeit nötig, um den Einfluss differenziert beschreiben zu können.

Neben den unspezifischen Einflussfaktoren konnte die Forschung äquivalent zur Phonologischen Bewusstheit für die Entwicklung schriftsprachlicher Kompetenzen auch spezifische Einflussfaktoren finden, die direkt auf die Entwicklung von Rechenkompetenzen wirken. Mit der Erforschung des „number sense“ wurde eine Kompetenzvielfalt beschrieben, die bis heute nicht in einem einheitlichen Konzept zusammengefasst wurde, so dass insbesondere bei der Entwicklungsbeschreibung kaum vergleichbare Daten vorliegen. Jordan et al. (2006) versuchen die „number sense“ – Kompetenzen zu systematisieren und finden die Kategorien: Zählen, Zahlwissen, Zahltransformationen, Schätzen und Zahlmuster als bedeutsame Vorläuferkompetenzen. Da diese in Abgrenzung zu anderen Kompetenzen, die unter „number sense“ zusammengefasst werden, trainierbar sind, subsumieren sie ihre Kompetenzsammlung unter dem Begriff „number competencies“. Obwohl bis heute keine einheitliche Definition von „number sense“ vorliegt, belegen dennoch einige Studien den direkten Einfluss auf die Entwicklung von Rechenfertigkeiten belegen. Der Einfluss der spezifischen Vorläuferkompetenzen ist dabei nicht nur direkt, sondern fällt auch meist höher aus, als der Einfluss unspezifischer Einflussfaktoren.

Es fehlt bis heute eine einheitliche Definition von „number sense“, so dass nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann, dass die dargestellten Ergebnisse -zumindest zu einem nicht definierbaren Anteil- auf die Aufgabenstellung zurückgeführt werden könnten. Diesen Umstand beschreibt Krajewski (2003) und entwickelt mit einem umfassenden Literaturüberblick zu spezifischen Einflussfaktoren das Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung. Dieses Modell besteht aus drei Ebenen, den Basisfertigkeiten, dem einfachen Zahlverständnis und dem tiefen Zahlverständnis. Die drei Ebenen werden zwar nacheinander durchlaufen, doch kann sich das Kompetenzniveau je nach Zahlenraum unterscheiden. Die prognostische Validität der Kompetenzen konnte in zahlreichen Studien belegt werden. Zusammenfassend kann gesagt werden: (1) Ein Kind muss Mengen nach mehr und weniger unterscheiden können. (2) Einem Kind muss die Zuordnung von Zahl und Menge gelingen. Es muss also wissen, dass zur „eins“ ein Ding, zur „zwei“ zwei Dinge gehören (usw.). Hat es diese beiden Kompetenzen erworben, scheint es eine entscheidende Hürde bei der Entwicklung mathematischer Kompetenzen genommen zu haben.

Die reine Identifikation spezifischer Vorläuferfertigkeiten hilft Kindern jedoch noch nicht weiter. Die logische Weiterentwicklung nach erfolgreicher Leistungsstandsbeschreibung wäre eine passgenaue Förderung spezifischer Vorläuferfertigkeiten, um der Entstehung von Rechenschwäche frühzeitig entgegenwirken zu können. Indizien hierfür liefern Studien, in denen eine progressive Veränderung des Kompetenzniveaus über die Zeit hinweg oder nach durchgeführter Förderung

gefunden werden (Aunio et al., 2014; Ennemoser et al., 2011; Halberda et al., 2012; Jordan et al., 2010). Zudem beschrieben Jordan et al. (2010) sowie Krajewski (2003) prinzipiell trainierbare Kompetenzen. Inwieweit ein Training gelingt und welche Voraussetzungen für einen möglichst großen Fördererfolg vorliegen sollten, wird im folgenden Kapitel beschrieben.

## **2 Förderung spezifischer Vorläuferkompetenzen im Vorschulalter**

Im vorherigen Kapitel wurden Kompetenzen beschrieben, die eine hohe prognostische Validität für den erfolgreichen Erwerb von Rechenfertigkeiten haben. Da diese bereits im frühen Kindesalter aufgebaut werden und lange Zeit Einfluss auf das Niveau der Rechenkompetenzentwicklung nehmen, ist eine frühe Förderung dieser Kompetenzen die Grundsteinlegung eines erfolgreichen Erwerbs von Rechenfertigkeiten. Dies gilt insbesondere für die Prävention von Rechenschwäche. Eine wirksame Mathematikförderung sollte daher auf verschiedenen Prinzipien beruhen. Auf diese Prinzipien sowie auf bereits entwickelte Förderprogramme, die vorgeben mathematische Vorläuferkompetenzen sinnvoll zu trainieren, wird im Folgenden genauer eingegangen. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung und Reflektion der dargestellten Inhalte.

### ***2.1 Voraussetzungen für eine effektive Förderung***

Eine erfolgreiche Förderung hängt nicht nur davon ab, welche Informationen wie präsentiert werden, sondern auch, welche Voraussetzungen die zu fördernde Person mitbringt. So hat Slavin (1984, 1994) in seinem QUAIT-Modell (**quality, appropriateness, incentive, time**) grundlegende Kriterien für effektiven Unterricht dargestellt und Sweller (1988, 1989) mit seiner Cognitive Load Theorie die Anpassung von Aufgaben an die Ressourcen des Lernenden beschrieben. Im Sinne des QUAIT-Modells muss darauf geachtet werden, dass die Instruktionsqualität (quality) hoch ist, die dargebotenen Instruktionen inhaltlich passend sind und den Lernprozess unterstützen (appropriateness) sowie ausreichende Lernzeit (time) zur Verfügung gestellt wird (Slavin, 1984, 1994). Andererseits müssen die Elemente des QUAIT-Modells an die Ausgangslage und Bedürfnisse des Rezipienten angepasst sein. Eine solche Anpassung wird mit der Cognitive Load Theorie (Sweller, 1988, 1989) möglich, welche davon ausgeht, dass jeder Mensch begrenzte Kapazitäten hat und daher bei komplexen Sachverhalten eine Überforderung drohen könnte. So sollte bei der Förderplanung die Elementinteraktivität (Komplexität der Aufgabe), die extrinsische Belastung (Gestaltung / Visualisierung / Präsentationsform der Aufgabe) und die lernbezogene Belastung (z.B. Beschäftigungszeit mit dem Lerninhalt) berücksichtigt werden. Mit dem Modell der guten Informationsverarbeitung (u.a. Pressley, Borkowski & Schneider, 1989) werden auf einem fundierten theoretischen Hintergrund Hinweise für die Praxis gegeben. In diesem Modell werden die leistungsbeeinflussenden Komponenten Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit, Vorwissen, Strategien, Motivation und Selbstkonzept zusammengefasst. Diese sollten in der Planung von Fördersettings berücksichtigt werden, um einen möglichst hohen Lernerfolg zu erzielen. Grünke (2008) leitet aus einer Literaturübersicht zu Einflussfaktoren auf den Fördererfolg vier

Prinzipien ab: (1) Schwache Lerner benötigen viele Vorgaben und Hilfestellungen, um erfolgreich lernen zu können. (2) Es muss eine Passung von Aufgabenkomplexität und kognitivem Niveau unter Berücksichtigung des Vorwissens hergestellt werden, um im Sinne von Vygotsky (1987) zielgerichtet in der Zone der nächsten Entwicklung fördern zu können. (3) Unabhängige Lerninhalte (z. B. Lesen und Rechnen) sollten getrennt voneinander (und nicht in einer Textaufgabe des Mathematikunterrichts zusammen) geübt werden, um die extrinsische Belastung gering zu halten. (4) Schwachen Lernern fehlt meist ein elaboriertes metakognitives Wissen zur Planung von selbstgesteuertem Lernen, daher sollten Lernziele und Instruktionen vom Lehrenden transparent formuliert werden.

Viele der oben beschriebenen Prinzipien berücksichtigen und erweitern Krajewski & Ennemoser (2010) in ihren Forderungen an eine arbeitsgedächtnisschonende Förderung. Ihre Forderungen sind Inhaltsspezifität, systematischer und entwicklungsorientierter Kompetenzaufbau, strikte Ressourcenorientierung und Fokussierung der Aufmerksamkeit. Diese Prinzipien werden im Folgenden kurz beschrieben, da sie im Förderprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski et al., 2007) berücksichtigt werden.

*Inhaltsspezifität.* Ein Training, das zum Ziel hat Lücken (z.B. in mathematischen Vorläuferkompetenzen) zu schließen, muss genau diesen Inhaltsbereich trainieren. Ein Training der allgemeinen Denkfähigkeit ist beispielsweise kein adäquater Ersatz für die Förderung der Zahl-Größen-Verknüpfung. Vergleichbare Ergebnisse wurden zahlreich in Studien zur Evaluierung von Förderprogrammen beschrieben, in denen der Erfolg eines inhaltsfernen Trainings dem Erfolg eines inhaltspezifischen Trainings gegenübergestellt wurde (vgl. Sinner, 2011).

*Systematischer und entwicklungsorientierter Kompetenzaufbau.* Für viele Inhaltsbereiche konnten Entwicklungsmodelle für den erfolgreichen Kompetenzerwerb erstellt werden. Dies gilt sowohl für den schriftsprachlichen Bereich mit dem Modell der Phonologischen Bewusstheit oder des Stufenmodells nach Frith (1986) als auch mit dem Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski (2003) oder dem Entwicklungsmodell nach Kutzer (1983) für die Entwicklung (früher) mathematischer Kompetenzen. Insofern ist es möglich und notwendig im Sinne von Vygotsky (1987) anhand von entwicklungsorientierten Modellen eine systematische Förderung in der Zone der nächsten Entwicklung zu planen und durchzuführen. Übertragen auf das Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung (s. Kapitel 1.2.2) bedeutet dies: Die Kompetenzen der Ebene I müssen gefestigt sein und automatisiert angewendet werden können, bevor Kompetenzen der Ebene II trainiert werden. Ebenso verhält es sich mit dem Übergang von Ebene II nach Ebene III.

*Strikte Ressourcenorientierung.* Mit den oben beschriebenen Ergebnissen zum QUAIT-Modell, der Cognitive-Load-Theorie, dem Modell der guten Informationsverarbeitung und den daraus von Grünke (2008) abgeleiteten vier Prinzipien im Hintergrund plädieren Krajewski & Ennemoser (2010) für eine gut vorstrukturierte Lernumgebung und sinnvoll gewählte Darstellungsmittel. Mit den

Darstellungsmitteln muss es möglich sein, komplexe bzw. abstrakte inhaltspezifische Strukturen zu visualisieren und begreifbar (fühlbar) zu machen (u.a. Lorenz, 2003). Darstellungsmittel sollten so gewählt werden, dass sie das Arbeitsgedächtnis durch geeignete Visualisierung entlasten. Durch den wiederholten Einsatz derselben Darstellungsmittel setzt ein Übungseffekt ein, der das Arbeitsgedächtnis weiter entlasten kann. Die Autoren schlagen daher vor, den Einsatz von Darstellungsmittel mit dem steigenden Automatisierungsgrad der Kompetenzanwendung zu reduzieren. Über diesen Weg bleiben, laut Aussage der Autoren, mehr Kapazitäten für den eigentlichen Lerninhalt frei und der Lernprozess kann optimal unterstützt werden.

*Fokussierung der Aufmerksamkeit.* Im Sinne der ressourcenorientierten Förderung sollen Darstellungsmittel wenig ablenken. Eine solche Ablenkung könnte dadurch erfolgen, dass Zahlen personifiziert oder Darstellungsmittel gewählt werden, die nicht auf den wesentlichen Inhalt abzielen. Die Vermeidung von Ablenkern ist besonders wichtig, denn nur durch die Fokussierung auf das Wesentliche kann einer zu fördernden Person der Lerninhalt effektiv vermittelt werden (Krajewski & Ennemoser, 2010).

Krajewski & Simanowski (2017) spezifizieren und erweitern die Liste der oben beschriebenen Anforderungen für die Prävention von Rechenschwäche. Sie fordern eine inhaltspezifische Förderung, die unmittelbar auf mathematische Inhalte abzielt. Die Inhalte sollten nicht durch andere Trainingsbereiche verdeckt werden. Eine mathematische Sprache sollte verwendet werden. Die Autoren verstehen darunter das Verständnis, dass eine „größere Zahl“ nicht nur bedeuten kann, dass sie größer geschrieben wurde, sondern auch dass sie im Wert höher ist. Zudem sollte die Förderung entwicklungsorientiert sein. Dies setzt voraus, dass sie sich an einem fundierten Entwicklungsmodell des natürlichen Kompetenzzuwachses orientiert und immer die Zone der nächsten Entwicklungsstufe im Blick hat.

## ***2.2 Förderung früher mathematischer Kompetenzen in Deutschland***

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden verschiedene Förderprogramme beschrieben, die mathematische Vorläuferkompetenzen im Kindergartenalter trainieren sollen. Dabei erfolgt eine Beschränkung auf solche Programme, die quantitativ auf ihren Fördererfolg hin evaluiert wurden und im deutschsprachigen Raum Anwendung finden. Zur Beschreibung der Programme wird auf das Vorgehen während der Förderung sowie die Förderziele eingegangen. Im Anschluss daran werden entsprechende Evaluationsergebnisse vorgestellt.

### ***2.2.1 Komm mit ins Zahlenland***

Mit dem Förderprogramm „Komm mit ins Zahlenland“ von Friedrich, Galgóczy & Schindelhauer (2010) verfolgen die Autoren nach eigener Aussage einen ganzheitlichen Ansatz im Sinne von Pestalozzi, der im Zahlenraum von eins bis zehn den kardinalen, ordinalen, nominalen, narrativen und geometrischen Zahlaspekt sowie den Maßzahlaspekt, den Operatoreffekt und

Rechenaspekt trainiert (Friedrich, 2011). Das Programm folgt keinem Entwicklungsmodell, basiert aber auf Erkenntnissen der Mathematikdidaktik, der Neurodidaktik und der Entwicklungspsychologie. Dem Begriff des „Zahlenraums“ aus der Mathematikdidaktik folgend werden alle Zahlen räumlich dargestellt. Die Neurodidaktik fließt in das Förderkonzept ein, indem Kindern nicht nur der abstrakte Wissensinhalt vermittelt wird, sondern zugleich ein konkreter Raum gegeben wird, den sie mit dem neu gelernten Inhalt verknüpfen können. Ein entwicklungspsychologischer Aspekt ist, dass Kinder im Vorschulalter ihre eigene altersbedingte Denk- und Erlebnisweise haben, die eher emotional als rational ist. Diese drei Aspekte werden im Training methodisch wie folgt umgesetzt: Die Zahlen werden personifiziert, erhalten also bestimmte Verhaltensweisen und Charakteristika, die menschlich anmuten (z.B. „stottert“ die zwei, weil sie jedes Wort zwei Mal sagt; entwicklungspsychologischer Aspekt). Sie wohnen in Häusern, in denen alles so häufig vorkommt, wie die Zahl angibt, die in diesem Haus wohnt (so hat die fünf einen fünfeckigen Garten, ein Haus mit fünf Fenstern und fünf Türen, etc.; neurodidaktischer Aspekt) und mit den Häusern und Gärten den Zahlen ein Raum („Zahlenraum“; mathematikdidaktischer Aspekt) gegeben wird. Zusätzlich werden Zahlenlieder gesungen, die entsprechend des Zahlwertes in Takt und Tonumfang komponiert wurden. So umfasst das Lied für die „drei“ den Tonumfang von drei Tönen und ist im  $\frac{3}{4}$ -Takt (Friedrich, 2011). Für jede Zahl wird eine Fördersitzung durchgeführt, die ca. 60 Minuten dauert und in Kleingruppen mit 9 bis 15 Kindern stattfindet (Friedrich & Munz, 2006).

Für die oben beschriebene Neufassung liegt noch keine Evaluation vor. Die Vorgängerversion von Friedrich & Galgóczy (2004) wurde hingegen mehrfach evaluiert. So berichten Friedrich & Munz (2006) in einer Studie mit 92 Kindern, die durchschnittlich 60 Monate alt waren, einen signifikanten Fördererfolg nach 10 Wochen Training gegenüber einer ungeforderten Kontrollgruppe, deren Ausgangsniveau sich nicht von der Trainingsgruppe unterschied. Neben einem Effekt der Zugehörigkeit zur Trainings- oder Kontrollgruppe finden die Autoren einen Effekt des Alters. Ältere Kinder profitieren demnach mehr als jüngere. Ein Effekt bezüglich des Geschlechts liegt dagegen nicht vor. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass das in Vor- und Nachtest zur Bestimmung des Fördererfolgs eingesetzte Verfahren kaum mathematische Kompetenzen misst. Vielmehr wurden anschauungsgebundenes Denken und verbale Fertigkeiten der Kinder und somit allgemeine kognitive und sprachliche Kompetenzen überprüft (Hildenbrand, 2016). Darüber hinaus ist in dieser Studie eine zuverlässige Aussage zum Fördererfolg nicht möglich, da aufgrund eines fehlenden Alternativtrainings der Zuwendungseffekt nicht kontrolliert werden kann. In einer Studie von Krajewski & Nieding et al. (2008) nahmen 36 Kinder an einer Förderung mit dem o.g. Förderprogramm teil. Da erst nach der eigentlichen Förderphase entdeckt wurde, dass diese 36 Kinder eine Förderung erhielten, konnten die Trainingsbedingungen von den Autoren nicht kontrolliert werden. Hier zeigt sich ein bedeutsamer Fördererfolg des Programms „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski et al., 2007, s. Kapitel 2.2.6) gegenüber den beiden Vergleichsgruppen aus „Zahlenland“ und ungeforderter Kontrollgruppe. Zwischen der Leistungsentwicklung der „Zahlenland“-Teilnehmer und einer ungeforderten

Kontrollgruppe ist kein Unterschied feststellbar. Allerdings ist die Aussagekraft aufgrund der geringen Teilnehmerzahl eingeschränkt. Daher wurde eine bislang unveröffentlichte Nachfolgestudie mit 567 Kindergartenkindern durchgeführt, die das Ergebnis für Kurz- und Langzeiteffekte replizieren konnte (Renner, in Vorb., zitiert nach Schneider et al., 2013). In zwei weiteren Studien wurde der Fördererfolg des o.g. Programms mit dem Erfolg des Programms „Mathe 2000“ (Wittmann, 2006; Wittmann & Mueller, 2009) verglichen (Pauen, 2009; Pauen & Pahnke, 2008). In diesen Studien zeigt sich eine vergleichbare teilweise imposante Leistungsentwicklung der Teilnehmer beider Fördergruppen. In der Studie von Pauen & Pahnke (2008) wird keine ungeförderte Kontrollgruppe einbezogen und in der Studie von Pauen (2009) werden keine statistischen Vergleiche zur Kontrollgruppe berichtet. Somit kann keine Aussage über den Mehrwert der Förderung gegenüber der natürlichen Entwicklung der Kinder getroffen werden.

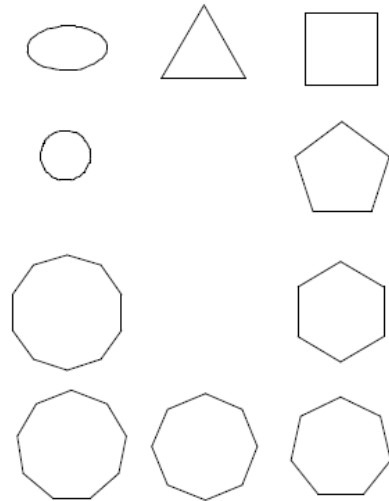


Abbildung 3: Schematischer Aufbau des Zahlenlandes (Friedrich, 2011, S. 4)

Neben den berichteten Studienergebnissen, die eine erste Kritik an der Wirksamkeit des Förderprogramms darstellen, lässt sich auch inhaltlich und konzeptuell an der Zweckmäßigkeit einer Förderung mit diesem Programm zweifeln. Im Sinne der in Kapitel 2.1 beschriebenen Anforderung an eine qualitativ hochwertige Förderung ist fraglich, ob die Darstellungsmittel des Trainings zur Förderung mathematischer Kompetenzen vollends geeignet sind. So wird zum Beispiel die 1 als Kreis, die zwei als Ellipse und ab der 3 Vielecke entsprechend des Zahlwertes (3 = Dreieck, 4 = Viereck, etc.) als Gartenform verwendet. Dabei erschließt sich vor allem die Darstellung der Zahlen 1 und 2 mit Figuren ohne Ecken nicht intuitiv. Durch die emotionalen Geschichten zu den einzelnen Zahlen könnten insbesondere Kinder mit schwachem Vorwissen vom eigentlichen Lerninhalt abgelenkt werden. Somit ist eine entsprechende Fokussierung auf den Lerninhalt nur schwer möglich. Im Sinne der Cognitive-Load-Theorie könnten die zahlreichen Darstellungsformen und insbesondere die Personifizierungen der Zahlen zu einer kognitiven Überforderung lernschwacher Kinder führen. Schneider et al. (2013) weisen zudem darauf hin, dass 2 Brillengläser (Eigenschaft der 2 als Puppe) plus 3 Wünsche (Eigenschaft der Zahl 3 als Charakter) nicht 5 Knöpfe (Eigenschaft der 5 als Puppe) ergeben. Somit könnte insbesondere die Personifizierung der Zahlen hinderlich für die Entwicklung eines mathematischen Wissens sein. Auch folgt das Programm keinem Entwicklungsmodell, sondern führt die Zahlen bis 10 mit steigendem Zahlenwert ein. Somit ist eine Förderung im Sinne von Vygotsky (1987) nicht möglich.

### 2.2.2 *Spielend Mathe*

Mit dem Förderprogramm „Spielend Mathe“ (Quaiser-Pohl, Meyer & Köhler, in Vorb.) sollen mathematische und allgemeine intellektuelle Fähigkeiten im Vorschulalter trainiert werden, um ein gutes mathematisches Vorwissen aufzubauen und den Kindern somit einen erfolgreichen Rechenerwerb zu ermöglichen. Das Training ist für Kleingruppen mit homogenem Leistungsstand ausgelegt, obwohl alle Leistungsstände mit dem Programm gefördert werden können. Zu jedem Trainingsbereich liegen zwei Übungen mit verschiedenen Aufgaben vor. Mit je einer Förderstunde pro Woche à ca. 60 Minuten dauert die Förderung 10 Wochen. „Spielend Mathe“ ist eine Weiterentwicklung des „Magdeburger Programms zur Förderung mathematischer und allgemeiner intellektueller Fähigkeiten“ (Lehmann, Rademacher, Quaiser-Pohl, Günther & Trautewig, 2006; Rademacher, Trautewig, Günther, Lehmann & Quaiser-Pohl, 2005). Die Autoren beabsichtigen mit dem Programm unspezifische und spezifische Vorläuferfertigkeiten (vgl. Kapitel 1) zu fördern, was sich in den folgenden fünf Trainingsbereichen widerspiegelt: (1) Visuelle Differenzierung und Umgang mit Symbolen, (2) Mengenauffassung, (3) Zahlbegriff, (4) Einfache Rechenoperationen und (5) Raumvorstellung (Quaiser-Pohl, 2008). In den Aufgaben werden die Kompetenzen mehrerer Trainingsbereiche angeregt. Die Zuordnung der Aufgaben zu den Trainingsbereichen erfolgt entsprechend der Kompetenz, die am meisten für die Bewältigung der Aufgabe benötigt wird.

Im ersten Förderbereich, visuelle Differenzierung und Umgang mit Symbolen, wird geübt, ähnliche Elemente zu erkennen und voneinander zu unterscheiden sowie Symbole anstelle von realen Gegenständen zu verwenden. Im zweiten Förderbereich, der Mengenauffassung, wird das Verständnis von „mehr als“, „weniger als“ und „gleich viel“ sowie die Mengeninvarianz und das Teil-Ganzes-Verständnis trainiert (vgl. Kompetenzen der Ebenen I und II des ZGV-Modells, s. Kapitel 1.2.2). Eine Übung dazu ist beispielsweise, dass die Kinder zwischen zwei mit Muggelsteinen gefüllten Gläsern unterscheiden sollen, in welchem mehr oder weniger sind. Im dritten Förderbereich, dem Zahlbegriff, werden Übungen zur Mächtigkeit einer Menge (Ebene II des ZGV-Modells), zum Ordinalzahlaspekt und zu Teil-Ganzes-Beziehungen (Ebene III des ZGV-Modells) durchgeführt. Darüber hinaus finden auch Übungen zur Verknüpfung von Zahlbildern und Zahlwörtern statt (Ebene I des ZGV-Modells). Zwei Übungen dazu sind zum Beispiel Zeitungspapier in die vom Trainer vorgegebene Stückzahl zu zerreißen, oder auf einem Zahlenteppich vorgegebene Zahlen mit dem eigenen Körper zu verbinden (ähnlich dem Gesellschaftsspiel „Twister“). Dabei sind die Zahlen ohne Berücksichtigung des Zahlwertes willkürlich angeordnet. Im vierten Förderbereich, den einfachen Rechenoperationen, werden die Kompetenzen zu Teil-Ganzes-Beziehungen und zu Zahlzusammensetzungen (Ebene III des ZGV-Modells) vertieft. Die Übungen dazu finden anhand konkreter Materialien statt. So soll z.B. dem Marienkäfer mit Muggelsteinen das Alter auf die Flügel gelegt werden, wobei die Steine auf beide Flügel verteilt werden sollen. Der fünfte Förderbereich, das räumliche Vorstellen, wird mit dem Nachbauen von Figuren mit Bauklötzen oder Pappdreiecken geübt.

An einer Evaluationsstudie zu diesem Programm nahmen 180 Vorschulkinder teil (Quaiser-Pohl, 2008). Die Hälfte davon erhielt eine Förderung, die andere stellte die ungeforderte Kontrollgruppe dar. Es wurden Vor- und Nachtestleistungen im Förderbereich Zahlenwissen mit dem OTZ (van Luit, J. E. H., van de Rijt & Hasemann, 2001), in der Mengenerfassung mit dem Untertest „Mengen“ des TEKO (Quaiser-Pohl, 2008), in der visuellen Differenzierung mit dem POD (Sauter, 1979), das räumliche Vorstellen mit dem BiRT (Quaiser-Pohl, 2003) und einfache Rechenoperationen mit dem Subtest „Rechnen“ des K-ABC (Melchers & Preuß, 1991) erhoben. Im ersten Follow-Up wurde eine Fragebogenstudie mit den unterrichtenden Lehrern durchgeführt. Im zweiten Follow-Up erfolgte die Erhebung basaler Rechenfertigkeiten mit dem HRT (Haffner, Baro, Parzer & Resch, 2005). Die Autoren fanden sowohl in der Entwicklung des Zahlbegriffs als auch in der visuellen Differenzierung Leistungsunterschiede im Nachtest, die auf die Förderung zurückzuführen sind. Bei differenzierter Betrachtung der OTZ-Ergebnisse für die Zahlbegriffsentwicklung zeigt sich, dass leistungsstärkere Schüler in fünf OTZ-Teilbereichen von der Förderung profitieren, während dies für Leistungsschwächere nur in drei OTZ-Teilbereichen zutrifft (0-31 Rohpunkte im OTZ = Leistungsschwach, 32-40 = Leistungsstark; Quaiser-Pohl, 2008). Einen kurzfristigen Fördererfolg in der Mengenerfassung berichten die Autoren nicht, da die Kinder im eingesetzten Verfahren bereits im Vortest im Durchschnitt so hohe Werte erzielten, so dass keine Entwicklung abgebildet werden kann (Deckeneffekt). Die Kinder, die an der Förderung teilgenommen hatten, erhielten nach der Einschulung von ihren Lehrern bessere Bewertungen in der Fragebogenerhebung für das Fach Mathematik als die ungeforderten Kinder. Außerdem seien die geförderten Kinder weniger ängstlich vor der Schule und Prüfungen gewesen. Zum zweiten Follow-Up zur Schuljahresmitte wurden basale Rechenkompetenzen erhoben. Die geförderten Kinder weisen beim „Plus Rechnen“, „Längen schätzen“ und bei „Würfelaufgaben“ des HRT einen Fördererfolg gegenüber den ungeforderten Kindern auf.

Aus der Beschreibung der Trainingsmethode ergibt sich, dass das Programm sowohl unspezifische als auch spezifische Vorläuferfertigkeiten für den erfolgreichen Erwerb von Rechenkompetenzen und geometrische Kompetenzen trainiert. Die eingesetzten Materialien können dem Alltag entnommen werden, und sind meist geeignet abstrakte Eigenschaften von Zahlen zu verdeutlichen. Das Programm orientiert sich im Trainingsplan nicht an einem Entwicklungsmodell enthält aber Übungen zu den wichtigsten Kompetenzen und ist somit überwiegend inhaltspezifisch. Die Vermischung verschiedener Kompetenzen in den eingesetzten Aufgaben lässt sich oft nicht vermeiden, sollte aber im Sinne der von Grünke (2008) aufgestellten Prinzipien vermieden werden, was die Autoren auch versuchen. Die quantitative Evaluation zeigt mit den Ergebnissen in den OTZ-Teilbereichen, dass ein Fördererfolg in spezifischen Vorläuferfertigkeiten erzielt werden kann. Ein Fördererfolg in den Mengenkompetenzen kann aufgrund eines Deckeneffekts im eingesetzten Verfahren nicht berichtet werden. Dadurch ist es nicht möglich eine Aussage zur Spezifität des Fördererfolgs zu treffen. Trotzdem gibt die Evaluation anhand der HRT-Ergebnisse erste Hinweise darauf, dass die Förderung in einem inhaltsnahen Bereich nachhaltig effektiv sein könnte. Allerdings kann der



Fördererfolg nur im Subtest „Plus Rechnen“ des HRT als einzigem Subtest, der Rechenfertigkeiten überprüft, festgestellt werden. Die Subtests „Längen schätzen“ und „Würfelbilder“, für die ebenfalls ein Fördererfolg berichtet wird, messen eher Vorläuferfertigkeiten als Rechenfertigkeiten. Der Studie fehlt darüber hinaus ein Vergleich der Leistungsentwicklung zu einem Alternativtraining, um einen möglichen Zuwendungseffekt ausschließen zu können. Insgesamt liefern die Ergebnisse dennoch ermutigende Hinweise auf eine effektive und nachhaltige Förderung.

### *2.2.3 Förderprogramm zur Entwicklung des Zahlkonzepts – FEZ*

Mit dem Förderprogramm zur Entwicklung des Zahlkonzepts (FEZ; Peucker & Weißhaupt, 2002) liegt ein Förderprogramm vor, das die Inhalte Kardinalzahlaspekt, Zahlvorstellung und Teil-Ganzes Beziehungen trainiert. Die Autoren sehen ihr Programm in der Tradition der mentalen Werkzeuge (Hiebert, Wearne & Grant, 1994; Stigler, 1984). Diese Theorie geht davon aus, dass geeignete Darstellungsmittel mentale Bilder erzeugen, die wiederum das Denken beim Lösen mathematischer Probleme leiten sollen. Didaktisch soll Lernen als aktiver, selbst gesteuerter, konstruktiver, situativer und sozialer Prozess in Balance mit Anleitung und Hilfe durch Lehrende gestaltet sein. Daher wird das Programm in Kleingruppen durchgeführt, in dem die Sozialformen stetig wechseln (Spiele, Gruppenübungen, Partnerarbeit, etc.), ein ritualisierter Ablauf eingehalten wird (Beschäftigung mit konkretem Material, Beschäftigung auf der bildlichen Ebene, Lösung auf der vorstellenden Ebene) und die Förderung in eine Geschichte zum Thema „Zoo“ eingebettet ist. Das Programm umfasst neun Sitzungen. Begonnen wird mit grundlegenden Kenntnissen des Inhaltsbereichs „Kardinalzahlaspekt“, es folgt der Aufbau von Zahlvorstellungen. Abschließend werden Aufgaben zum Inhaltsbereich „Teil-Ganzes“ bearbeitet. Die Förderung dieser drei Inhaltsbereiche erfolgt getrennt in den Zahlenräumen 1 bis 5 und 6 bis 10. Ein zentrales Darstellungsmittel in diesem Förderprogramm ist der „Zehnerrahmen“ mit dem der Übertrag von konkreter Handlung auf die bildliche Ebene erfolgt. Mit diesem Darstellungsmittel wird außerdem die Fünferbündelung visualisiert.

Das Förderprogramm wurde bislang in einer Studie mit 130 Kindern erprobt, von denen die Hälfte eine Förderung mit dem FEZ-Programm erhielt. Als Maß zur Abbildung des gewünschten Fördererfolgs wurde das eigens entwickelte Verfahren „Diagnostikum zur Entwicklung des Zahlkonzepts“ (DEZ; Peucker & Weißhaupt, 2002) eingesetzt. Das Ausgangsniveau von Experimentalgruppe und Kontrollgruppe unterschied sich im Vortest nicht. Zum Nachtest konnten beiden Gruppen einen signifikanten Zugewinn verzeichnen. Die Experimentalgruppe war der Kontrollgruppe überlegen. Mit den Angaben von Peucker & Weißhaupt (2005) zu Mittelwerten, Standardabweichungen und Teilnehmeranzahl konnte eine  $ES_{\text{Korr}} = 0.55$  berechnet werden. Methodenkritisch ist anzumerken, dass ein eigens entwickeltes Testverfahren eingesetzt wurde, womit festgestellte Fördereffekte möglicherweise überschätzt werden könnten (Teaching to the test). Der Einsatz von landläufig gebräuchlichen Tests zur Prüfung mathematischer Fähigkeiten ist anzuraten. Außerdem fehlt ein Vergleich der Entwicklung zu einem Alternativtraining, um den Einfluss eines

möglichen Zuwendungseffekts kontrollieren zu können. Da keine Follow-Up-Untersuchung berichtet wird, ist auch die Frage der Nachhaltigkeit des Fördererfolgs noch nicht geklärt.

Betrachtet man die theoretische Konzeption und statistische Evaluation so fällt auf, dass die Autoren die Förderung an die Entwicklungsreihenfolge der Kompetenzen angepasst haben. Im Vergleich zu den im Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung beschriebenen Kompetenzen (s. Kapitel 1.2.2) setzt die Förderung bereits auf Ebene II an. Somit beginnt die Förderung zwar an einem sehr zentralen Punkt für die weitere Entwicklung von Rechenfertigkeiten, Kindern mit schwachem Vorwissen könnten aber durch das Auslassen der ersten Ebene erschwerte Lernbedingungen vorfinden. Insbesondere die Vorgehensweise vom Konkreten über die bildliche Präsentation zur mentalen Vorstellung zu gelangen klingt vielversprechend. Auch die beschriebenen Darstellungsmittel scheinen geeignet zu sein, das abstrakte Verständnis von Zahlen ressourcenorientiert zu vermitteln. Für eine Aussage zur Effektivität und Nachhaltigkeit sollten weitere Studien durchgeführt werden. Schade ist zudem, dass das Programm nur in einer universitätsinternen Version vorliegt und nicht öffentlich zugänglich ist.

#### *2.2.4 Mit Baldur ordnen, zählen, messen*

Mit dem Förderprogramm „Mit Baldur ordnen, zählen, messen“ von Clausen-Suhr (2009b) liegt die veröffentlichte Version für eine Förderung grundlegender mathematischer Fertigkeiten vor, die zuvor unter dem Namen „Zahlenzauber“ (Clausen-Suhr, 2008) evaluiert wurde. Das Programm ist für Gruppen mit 12 bis 16 Kindern ausgelegt und dauert bei 60 Minuten Förderzeit pro Woche ein halbes Jahr (Clausen-Suhr, 2011). Dabei wird keinem strikten Leitfaden gefolgt, sondern aus einem Baukastensystem den Kindern die Übungen dargeboten, die dem gemessenen Niveau entsprechen. Die dafür benötigte Fortschrittsdiagnostik erfolgt über im Programm integrierte Beobachtungsaufgaben. Eine Fördersitzung weist einen ritualisierten Ablauf auf, in dem sowohl Elemente für die gesamte Gruppe sowie Stationsarbeiten mit wechselnden Sozialformen eingebettet sind, so dass eine Individualisierung der Förderung möglich ist. Durch das Programm führen zwei Handpuppen: Zahlendrache Baldur und Zahlenzauberer Zeno. Der Zahlendrache Baldur soll ebenso wie die Kinder den Umgang mit Zahlen lernen und macht Fehler, die die Kinder korrigieren müssen. Er hört den Kindern bei den abschließenden Berichten über die durchgeführten Übungen aufmerksam zu. Zahlenzauberer Zeno führt die Kinder über gezielte und strukturierte Hilfestellungen zu geeigneten Lösungsstrategien. Mit den beiden Figuren werden grundlegende Förderprinzipien wie direkte Instruktion, kognitives Modellieren und Selbstinstruktion im Programm umgesetzt. Zudem werden Elemente des selbstentdeckenden Lernens aufgenommen. Die Förderung wird in spielerische Rahmenhandlungen eingebettet, verknüpft verschiedene Bildungsbereiche (Musik, Bewegung, Geschichten mit mathematischen Problemen), hat einen Alltagsbezug (z.B. Zaubersrank mischen, um den Umgang mit Mengen zu erlernen), soll dazu anregen über Mathematik nachzudenken und zu sprechen, und innere Vorstellungsbilder durch geeignetes Darstellungs- und Anschauungsmaterial

aufzubauen (Clausen-Suhr, 2009a). Obwohl nicht explizit beschrieben wird, welches Entwicklungsmodell dem Förderprogramm zugrunde liegt, wird eine Nähe zum Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung (Krajewski, 2003, s. Kapitel 1.2.2) mit der Aufzählung der Lernbereiche des Förderprogramms deutlich, wobei die Lernbereiche 4 und 5 über die von Krajewski (2003) beschriebenen Kompetenzen hinausgehen. Die Lernbereiche sind: (1) Reihen bilden, sortieren und klassifizieren, (2) Zählen, Mengen erfassen und herstellen, Anzahlkonzept entwickeln, (3) Mengen verändern und vergleichen, einfache Addition und Subtraktion, (4) geometrische Formen unterscheiden, (5) mit Längen- und Gewichtsmaßen umgehen (Clausen-Suhr, 2009a, 2009b). Ein Schwerpunkt der Förderung liegt auf Lernbereich 2, da dieser zentrale Kompetenzen für einen erfolgreichen Rechenkompetenzerwerb enthält. Hierzu ist die Aufgabenauswahl entsprechend am umfangreichsten (Clausen-Suhr, 2009b).

In einer ersten Evaluationsstudie wurde untersucht, ob sich eine Mischung aus direkter Instruktion und selbstentdeckendem Lernen (DI; Originalfassung) und / oder ausschließlich selbstentdeckendes Lernen im freien Spiel (SL) als wirksame Förderung im Vergleich zu einer ungeförderten Kontrollgruppe (KG) zeigt (Clausen-Suhr, Schulz & Bricks, 2008). Dazu wurde in beiden Experimentalgruppen dasselbe Darstellungsmaterial verwendet. An der Studie nahmen insgesamt 56 Kinder im durchschnittlichen Alter von 75 Monaten teil. Die Förderung wurde von Projektmitarbeitern durchgeführt und dauerte 10 Wochen mit insgesamt 20 Sitzungen zu je 30 Minuten. Zu allen drei Messzeitpunkten (Vortest, Nachtest unmittelbar nach Förderende, und Follow-Up ca. zwei Monate nach Förderende) wurde der Osnabrücker Test zur Zahlbegriffsentwicklung (OTZ; van Luit, J. E. H. et al., 2001) verwendet, um die Entwicklung in mathematischen Vorläuferfertigkeiten abzubilden. Es konnte sowohl ein kurzfristiger Fördereffekt ( $ES_{\text{Korr}} = 1.01$ ) als auch ein langfristiger Effekt ( $ES_{\text{Korr}} = 0.68$ ) der DI-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe festgestellt werden. Die von den Autoren aufgestellte Hypothese zur Leistungsentwicklung, die besagt, dass das kombinierte Training einen höheren Lernerfolg erzielt, als das selbstentdeckende Lernen, welches wiederum einen höheren Lernerfolg erzielt als die Kontrollgruppe, konnte bestätigt werden ( $DI > SL > KG$ ; Clausen-Suhr et al., 2008).

In einer neueren Studie von Clausen-Suhr (2011) wurde das Förderprogramm mit 89 Vorschulkindern über ein halbes Jahr hinweg mit wöchentlich einer Sitzung à 60 Minuten durchgeführt. Weitere 71 Kinder waren Teil einer ungeförderten Kontrollgruppe. Ziel war es erneut kurz- und langfristige Fördereffekte sowie mögliche Transfereffekte auf das Rechnen abzubilden. Dazu wurden als Maß für die Entwicklung mathematischer Vorläuferkompetenzen die Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern in der Kindergartenversion (ZAREKI-K; Aster, Bzufka & Horn, 2006) und als Verfahren für den Transfereffekt der Deutsche Mathematiktest für erste Klassen (DEMAT 1+; Krajewski, Küspert & Schneider, 2002) durchgeführt. Die Erzieher der jeweiligen Einrichtung wurden in der Durchführung des Programms geschult und erhielten regelmäßige Hospitationen. Sie förderten die Kinder in Gruppen mit 12 bis 16 Kindern. Inhalte waren die

Lernbereiche eins bis drei. Die statistischen Analysen offenbarten einen bedeutsamen Unterschied in der Lernentwicklung von Experimental- und Kontrollgruppe zugunsten der Experimentalgruppe bei allen Kindern ( $ES_{\text{Korr}} = 0.26$ ) und bei Kindern, die im Vortest zum ersten Quartil im Leistungsstand mathematischer Vorläuferkompetenzen gehörten ( $ES_{\text{Korr}} = 0.78$ ). Auch langfristig konnte der Unterschied nachgewiesen werden (alle:  $ES_{\text{Korr}} = 0.30$ ;  $PR < 25$ :  $ES = 1.23$ ). Zusätzlich war ca. die Hälfte der Kinder, die zu Beginn der Studie als Risikokinder klassifiziert wurden, nach Ende der Förderung ohne weiteres Risiko für die Entwicklung schwacher Mathematikleistungen. Ein Transfereffekt auf die Rechenleistungen konnte allerdings nicht festgestellt werden (Clausen-Suhr, 2011).

In der Zusammenschau von Konzeption und Evaluation wird deutlich, dass das Programm auf einem wissenschaftlich Fundament zu mathematischen Vorläuferfertigkeiten basiert. Es ist entwicklungsorientiert und verwendet geeignete Darstellungsmittel. Die beiden Evaluationen weisen auf einen mittleren bis sehr großen Fördererfolg hin. Insbesondere bei schwachen Kindern scheint das Programm eine gute Wirkung zu erzielen. Allerdings ist die Anzahl der Probanden der ersten Studie recht gering und in der zweiten Studie fehlt ein Kontrast zu einem Alternativtraining, um einen möglichen Zuwendungseffekt zweifelsfrei ausschließen zu können. Außerdem fehlt bislang ein Nachweis der Effektivität für die Lernbereiche vier und fünf. Hier ist weitere Forschung notwendig, um eine allgemeinere Aussage über die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit des Programms treffen zu können.

### 2.2.5 *Mina und der Maulwurf*

Das Förderprogramm „Mina und der Maulwurf“ von Gerlach & Fritz (2011) ist für Kindergartenkinder im Vorschulalter und jünger konzipiert. Es basiert auf einem fünfstufigen Modell zur Entwicklung mathematischer Vorläuferfertigkeiten (Fritz, Ehlert, Ricken & Balzer, 2013; Fritz & Ricken, 2008). Es werden überwiegend dieselben Kompetenzen beschrieben, wie im Entwicklungsmodell zur Zahl-Größen-Verknüpfung, nur dass diese auf fünf Niveaus anstelle von drei Ebenen verteilt werden (Schneider et al., 2013). Entsprechend der fünf Niveaus beinhaltet das Programm Übungen, die sich auf fünf Bausteine aufteilen. Zudem wurde das Programm um einen sechsten Baustein mit sehr basalen Fertigkeiten, wie Merkmale erkennen, sortieren, vergleichen etc., erweitert. Im ersten Baustein werden die korrekte Eins-zu-Eins-Zuordnung zwischen Zahlwort und Zählobjekt und eine erste Verbindung von Menge und Zahl geübt. Der zweite Baustein widmet sich einem vertieften Verständnis von Anzahlkonzept und Menge-Zahlwort-Verknüpfung. Der dritte Baustein zielt auf die Vermittlung des Konzepts der Zerlegbarkeit von Zahlen ab. Der vierte Baustein enthält Übungen zum Enthaltensein und zur Flexibilisierung des Teil-Ganzes-Verständnisses. Mit dem fünften Baustein werden Mengenvergleiche als Differenzbestimmung und relationale Bezüge gefördert. Das Programm besteht aus 48 Inhaltsbereichen. Eine vorgeschriebene Dauer für jede Sitzung gibt es nicht. Vielmehr sollen die Erzieher die Dauer je nach Lerntempo und Interesse der Kinder kürzen oder ausdehnen. Um die Förderung für die Kinder interessant zu gestalten, ist sie in 27 Geschichten

eingebettet, in denen die Protagonistin „Biene Mina“ unterschiedliche mathematische Herausforderung erlebt, die an die Erlebniswelt der Kinder angepasst und in einem Bilderbuch grafisch dargestellt sind. Eine jede Sitzung beginnt daher mit einer Geschichte. Im Anschluss daran arbeiten die Kinder in der gesamten Gruppe zusammen mit den Erziehern an dem gestellten Problem. Die Kinder werden dazu angehalten die mathematischen Herausforderungen und mögliche Lösungen zu verbalisieren. Für die Erzieher liegen Aufgabenkarten mit Sprechtexten und detaillierten Durchführungshinweisen bereit. Auch Differenzierungsangebote stehen zur Verfügung. Zusätzlich zu den Übungen sind im Manual Bewegungs- und Gesellschaftsspiele, Lieder, Reime und Hinweise zur Gestaltung einer „Mathematik-Ecke“ mit Materialien zur freien Beschäftigung enthalten. Mit der chronologischen Durchführung der Bausteine wird das Wissen entsprechend des Entwicklungsmodells sukzessive aufgebaut. Das Bausteinkonzept ermöglicht einen variablen Startpunkt entsprechend des gemessenen Fertigniveaus. Dafür bieten die Autoren das Testverfahren MARKO-D an (Ricken, Fritz-Stratmann & Balzer, 2013).

Das Förderprogramm wurde bislang in drei Studien auf seine Wirksamkeit hin untersucht. In der ersten Studie wurde die Entwicklung von Vorschülern mit und ohne Förderung mit dem o.g. Programm gegenübergestellt. In einer zweiten Studie wurde dieses Design um eine alltagsintegrierte Förderung durch geschulte Erzieher erweitert. In einer dritten Studie wurde der Fördererfolg bei Vorschülern mit schwachen sprachlichen und / oder mathematischen Leistungen untersucht. Die drei Studien werden im Folgenden beschrieben.

An der ersten Studie nahmen 94 Kinder am Training teil, weitere 78 Kinder bildeten eine Kontrollgruppe, die keine spezielle Förderung erhielt (Langhorst, Hildenbrand, Ehlert, Ricken & Fritz, 2013). Die teilnehmenden Kinder waren im Durchschnitt 5;5 Jahre alt. Es wurden Kindergärten über die Studie informiert, die nachfolgend selbstständig entscheiden konnten, ob sie gar nicht, in der Kontrollgruppe oder in der Gruppe mit gezielter Förderung teilnehmen wollten. Die Untersuchung erfolgte in einem Prä-Post-Follow-Up-Design, wofür standardisierte Verfahren eingesetzt wurden. Der Vortest fand circa ein Jahr vor Einschulung, der Posttest unmittelbar nach Ende der Förderung (jeweils mit MARKO-D; Ricken et al., 2013) und das Follow-Up (MARKO-D-1; Fritz, Ehlert, Ricken & Balzer, in Druck) im vierten Quartal des ersten Schuljahres statt. Die Erhebungen wurden von geschulten externen Testleitern durchgeführt. Die Förderung erstreckte sich über sechs Monate, beinhaltete die Bausteine 1 bis 3 und dauerte pro Sitzung 45 Minuten. Sie wurde von Erziehern der Einrichtung durchgeführt, die vor und während der Förderphase durch Projektmitarbeiter in Theorie und Durchführung geschult wurden. Im Nachtest zeigte sich ein Entwicklungsvorsprung der geförderten Kinder gegenüber den ungeforderten Kindern mit  $d = 0.31$  (Differenz der Effektstärken über die zeitliche Entwicklung der beiden Gruppen). Auch langfristig zeigt sich ein vergleichbarer Unterschied ( $d = 0.27$ ).

An der zweiten Studie, in der es um den Vergleich zwischen Förderung mit Programm, alltagsintegrierter Förderung ohne speziellem Programm und einer ungeförderten Kontrollgruppe ging, nahmen 260 Kinder teil (Langhorst et al., 2013). Das durchschnittliche Alter der Kinder betrug zum Vortest ca. 4;6 Jahre. Die Studie folgte einem Prä-Post-Design, in welchem der Test MARKO-D in einer angepassten Version verwendet wurde. Die teilnehmenden Kindergärten wurden auf drei Gruppen aufgeteilt. In der ersten Gruppe wurde das Förderprogramm von Erziehern durchgeführt, die durch Projektmitarbeiter in der Durchführung und zugrundeliegenden Theorie geschult waren. In der zweiten Gruppe erhielten die teilnehmenden Erzieher ausschließlich die Schulungen mit demselben Inhalt zur Entwicklungstheorie wie die erste Gruppe. Inhalte zum Förderprogramm waren kein Gegenstand dieser Fortbildung. Auch wurde das Programm nicht mit den teilnehmenden Kindern durchgeführt. Die dritte Gruppe bildete die ungeförderte Kontrollgruppe. Da sich im Vortest starke Leistungsunterschiede zwischen den Gruppen zeigten, wurden zufällige Teilstichproben aus jeder Gruppe gezogen, um somit ein vergleichbares Ausgangsniveau aller Gruppen zu erhalten. Ein signifikanter Effekt des Faktors „Treatmentgruppe“ konnte für die Gesamtstichprobe nicht gefunden werden. Für Kinder mit Ausgangsniveau I berichten die Autoren ohne Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen eine beachtliche Effektstärke für die mit dem Programm geförderten Kinder im Vergleich zur ungeförderten Kontrollgruppe ( $d = 1.29$ ) und zur alltagsintegrierten Förderung ohne Programm ( $d = 1.31$ ).

In einer dritten Studie wurde der Fördererfolg bei Kindern mit sprachlichen Schwierigkeiten mit und ohne Kombination zu mathematischen Schwierigkeiten ( $T \leq 40$ ) untersucht (Ehlert & Fritz, 2016). Es nahmen 118 Kinder an der Förderung und weitere 58 Kinder in der Kontrollgruppe teil, die durchschnittlich 5;9 und 5;11 Jahre alt waren. In der Experimentalgruppe hatten 70% der teilnehmenden Kinder einen Migrationshintergrund, während in der Kontrollgruppe nur 30% einen Zuwanderungshintergrund aufwiesen. Es wurden die kognitiven Fertigkeiten (CFT-1; Weiß & Osterland, 1997), die mathematischen Vorläuferkompetenzen (MARKO-D; Ricken et al., 2013) und Sprachfertigkeiten (MSVK; Elben & Lohaus, 2000) überprüft. Die Förderung begann ca. ein halbes Jahr vor Einschulung der Kinder und wurde mit Gruppengrößen zwischen fünf und neun Kindern durchgeführt. Ein Follow-Up fand ca. acht Monate nach Trainingsende statt. Die Gruppen unterschieden sich im Vortest einzig in den kognitiven Fertigkeiten nicht signifikant. In allen anderen Variablen war die Experimentalgruppe unterlegen. Für die Kinder mit kombinierter sprachlicher und mathematischer Störung ( $N = 23$ ) konnte sowohl ein kurzfristiger als auch langfristiger Fördererfolg in den mathematischen Vorläuferkompetenzen gefunden werden. Ein Fördererfolg in den sprachlichen Kompetenzen fand sich in dieser Gruppe nicht. In der Gruppe mit sprachlichen aber ohne mathematischen Schwierigkeiten ( $N = 28$ ) fand sich ein kurzfristiger signifikanter Fördereffekt mathematischer Vorläuferkompetenzen aber kein langfristiger. Dafür konnte ein signifikanter Fördererfolg in den Kompetenzen „passiver Wortschatz“ und „Satzverständnis“ für diese Kinder gefunden werden.

Mit Blick auf Konzeption und Evaluation lässt sich zusammenfassen, dass dem Programm ein aktuelles Entwicklungsmodell mathematischer Fertigkeiten zugrunde liegt. Es handelt sich somit um eine inhaltspezifische Förderung, die systematisch und entwicklungsorientiert aufgebaut ist. Das Programm enthält Karten, auf denen Aufgaben grafisch dargestellt sind. Diese Darstellungen bieten wenig Ablenkung vom wesentlichen mathematischen Inhalt. Es fehlen allerdings Darstellungsmittel, die abstrakte Zahleigenschaften begreifbar machen. Die berichteten Studien weisen alle eine recht geringe Teilnehmerzahl auf. In der ersten Studie fehlt zudem der Vergleich zu einem Alternativtraining, um einen Zuwendungseffekt kontrollieren zu können. Auch könnten Selbstselektionseffekte die Ergebnisse beeinflusst haben, da die Zuweisung der Kindergärten auf die Experimentalgruppen nicht zufällig erfolgte. In der zweiten Studie wurde kein signifikanter Einfluss der Gruppenzugehörigkeit gefunden, wenn alle teilnehmenden Kinder in der Analyse berücksichtigt wurden. Für Schüler mit schwach ausgeprägtem mathematischem Ausgangsniveau wird keine Signifikanzprüfung berichtet (Krajewski & Simanowski, 2017). In der dritten Studie wird bei Kindern mit normal entwickelten mathematischen Vorläuferkompetenzen kein längerfristiger Erfolg gefunden. In allen Studien werden beachtliche Effektstärken berichtet, die möglicherweise die reine Entwicklung zwischen Vor- und Nachtestungen bzw. Vortest und Follow-Up darstellen, jedoch keine um die Vortestleistung korrigierten Effekte (Krajewski & Simanowski, 2017). Die berichteten Studien geben dennoch starke Hinweise auf die kurzfristige Effektivität des Förderprogramms und eine gewisse Nachhaltigkeit. Für allgemeinere Aussagen über Effektivität und Nachhaltigkeit fehlen bislang Studien mit größeren Stichproben und Vergleiche zu einem Alternativtraining.

### 2.2.6 Mengen, zählen, Zahlen

Das Förderprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ (MZZ; Krajewski et al., 2007) ist ursprünglich für den Einsatz im Kindergarten konzipiert, kann aber auch zur Sekundärprävention im Anfangsunterricht oder in therapeutischen Settings bei älteren Kindern angewendet werden (s. Studienergebnisse unten). Der Trainingsablauf orientiert sich am Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung (ZGV-Modell; s. Kapitel 1.2.2) und beinhaltet drei Schwerpunkte. Im ersten Schwerpunkt werden Kompetenzen der Ebenen I und II trainiert. Trainingsziele sind dabei u.a. die Zählfolge zu beherrschen und die Ziffern eins bis zehn zu kennen und Anzahlen zu Zahlen zuordnen zu können (und umgekehrt). Im zweiten Schwerpunkt werden die Kompetenzen der Ebene II vertieft. Wichtige Förderziele sind hier Mengenvergleiche mit den Begriffen „mehr“, „weniger“, „länger“, „kürzer“, „größer“, „kleiner“, „gleich“ sicher beschreiben zu können sowie Kenntnis über das Zunahme-um-Eins-Prinzip zu erlangen (der Abstand zwischen zwei benachbarten Zahlen beträgt immer eins). Damit verbunden ist auch die Kenntnis über die exakte Position einzelner Anzahlen in der Zahlenfolge. Der dritte Schwerpunkt beinhaltet hauptsächlich die Förderung der Kompetenzen der Ebene III. Wichtige Lernziele sind hier die Erkenntnis, dass der Unterschied zwischen zwei Zahlen mit einer Zahl angegeben werden kann und, dass Mengen aus Teilmengen bestehen, die beliebig gebildet werden können (s. Tabelle 5 auf Seite 74). Da die Kompetenzen der Ebene II einen sehr hohen Einfluss auf den erfolgreichen Erwerb späterer

Rechenfertigkeiten haben (vgl. Kapitel 1.2.2), wird dem Training dieser Kompetenzen im MZZ am meisten Lernzeit eingeräumt (Schwerpunkt 1 und 3 jeweils sechs Übungseinheiten, Schwerpunkt 2 zwölf Übungseinheiten). Das Training erstreckt sich bei drei Trainingseinheiten pro Woche über eine Dauer von acht Wochen. Das Manual enthält einen Durchführungszeitplan, aus dem hervorgeht, dass das Förderprogramm einem spiralcurricularen Ablauf folgt. So werden zentrale Übungen des zweiten Schwerpunktes im Verlauf der Förderung wiederholt, um wichtige Kompetenzen zu festigen (Krajewski et al., 2007). Obwohl somit ein strikter Trainingsplan vorliegt, empfehlen Krajewski & Simanowski (2016) das Durchführungstempo dem Lerntempo sowie den Startpunkt im Programm der Ausgangsleistung anzupassen. Zur Bestimmung des Ausgangsniveaus und des Fördererfolgs liegen zukünftig die Testverfahren MBK-0 (Krajewski, 2017) und MBK-1 (Ennemoser, Krajewski & Sinner, 2018) vor, deren Leistungsüberprüfung sich ebenfalls am ZGV-Modell orientiert. Sie geben den Leistungsstand differenziert nach den drei Ebenen sowie einen Gesamtwert an. Eine zentrale Rolle in diesem Förderprogramm haben die eingesetzten Darstellungsmittel. So liegen verschiedene Pappmaterialien vor, z.B. Streifen mit einer Einheit, zwei Einheiten, usw., wobei eine Einheit immer eine genormte Größe aufweist. So ist also ein Streifen mit acht Einheiten genauso lang wie die aneinandergelegten Streifen mit fünf und drei Einheiten. Ebenso verhält es sich mit der Zahlentreppe (Krajewski, 2008b). Auf dieser sind verschiedene Visualisierungen (jeweils eine pro Seite des Quaders) und die arabische Zahl dargestellt, so dass auch hier wieder mit dem Prinzip der genormten Länge die Zu- und Abnahme von Anzahlen und Mengen sowie das Teil-Ganzes-Prinzip begreifbar gemacht werden kann. Das Programm verzichtet bewusst auf Begleithandlungen, Geschichten oder Personifizierungen. Im Manual sind für die Schwerpunkte und jede Übungseinheit (Teil-)Ziele und Verbalisierungen für die Förderkraft angegeben. Auch die erforderlichen Antworten der Kinder werden in dem Manual aufgeführt. Obwohl die Antworten der Kinder nicht immer mit den im Manual aufgeführten übereinstimmen werden, so geben die vorformulierten erforderlichen Antworten dennoch eine Vorstellung davon, welche mathematischen Beschreibungen in der Kindesantwort enthalten sein müssen, um eine Antwort als vollständig richtig im Sinne des Übungsziels werten zu können. Die Förderung findet üblicherweise in Kleingruppen statt und kann von Erziehern durchgeführt werden, die bestenfalls in Theorie und Durchführung geschult wurden (Krajewski & Simanowski, 2016).

Das Programm ist zahlreich und erfolgreich für den Einsatz bei Schülern der ersten Klasse (Ennemoser & Krajewski, 2007; Ennemoser, Krajewski, Vossen & Haschke, 2013; Ennemoser & Sinner et al., 2015; Hasselhorn & Linke-Hasselhorn, 2013; Olyai, Otto, Büttner & Krajewski, 2014), bei Schülern in Vorklassen (Ennemoser, 2010) und bei Förderschülern (Hecht et al., 2011; Kuhl, Sinner & Ennemoser, 2012; Sinner & Kuhl, 2010) evaluiert. In vielen Studien wird der Fördererfolg des MZZ mit dem Fördererfolg eines Alternativtrainings kontrastiert. Mit den Studien von Ennemoser (2010), Ennemoser et al. (2013) und Olyai et al. (2014) gelingt der Nachweis, dass die Förderung unterrichtsintegriert erfolgreich ist. Insbesondere in Veröffentlichungen von Ennemoser & Sinner et al. (2015), Ennemoser et al. (2013) und Olyai et al. (2014) werden nachhaltige Transfereffekte der



Förderung mit MZZ auf basale und curriculare Rechenkompetenzen berichtet. Für das Kindergartenalter liegen drei Studien vor, auf die im weiteren Verlauf genauer eingegangen wird (Krajewski & Nieding et al., 2008; Krajewski & Renner et al., 2008; Renner, in Vorb.).

In einer ersten Pilotstudie von Krajewski & Nieding et al. (2008) wurde der kurz- und langfristige Fördererfolg des Programms auf spezifische Trainingsinhalte und unspezifische Vorläuferkompetenzen (z.B. Phonologische Bewusstheit, Arbeitsgedächtnis) überprüft. Es nahmen insgesamt 260 Kinder im Vorschulalter teil, die auf vier Gruppen aufgeteilt wurden. Eine Gruppe erhielt eine Förderung mit dem MZZ, eine weitere führte das Denktraining nach Klauer (1989) durch. Die Kontrollgruppe nahm an keiner über die übliche Vorschulförderung hinausgehenden spezifischen Mathematikförderung teil. Eine vierte Gruppe wurde aus Kindern gebildet, die im Zeitraum zwischen Nachtest und Follow-Up von den Autoren der Studie unkontrolliert eine Förderung mit dem Programm „Komm mit ins Zahlenland“ von Friedrich & Galgóczy (2004) erhielten. Das MZZ-Training dauerte 10 Wochen bei täglichen Übungseinheiten à 30 Minuten<sup>3</sup>. Das Denktraining wurde nicht mit gleicher Intensität aber mit gleicher Gesamtdauer durchgeführt. Über die Förderung mit dem Zahlenland lagen den Krajewski & Nieding et al. (2008) keine Angaben vor. Die Autoren berichten von einem signifikanten kurzfristigen Fördererfolg des MZZ auf mathematische Vorläuferfertigkeiten (gemessen mit einer Vorgängerversion des MBK-0) im Vergleich zur Entwicklung in der Kontrollgruppe (KG) und der Gruppe, die ein allgemeines Denktraining (DT) erhielt. Die korrigierten Effektstärken lagen im mittleren Bereich ( $ES_{\text{Korr}} = 0.25$  im Vergleich zur KG;  $ES_{\text{Korr}} = 0.34$  im Vergleich zum DT). Dieser signifikante Erfolg blieb langfristig bestehen und führte zu mittleren korrigierten Effektstärken am Ende der ersten Klasse ( $ES_{\text{Korr}} = 0.31$  im Vergleich zur KG;  $ES_{\text{Korr}} = 0.42$  im Vergleich zum DT). Langfristig übertraf die Entwicklung im Basisrechnen (Anzahl richtiger Lösungen auf Zeit in Additions- und Subtraktionsaufgaben im Zahlenraum bis 10) der KG und der MZZ-Fördergruppe die Entwicklung der Gruppe „Zahlenland“. In einem curricularen Schulleistungstest für erste Klassen zeigte sich dieser Unterschied jedoch nicht. Kurzfristig konnten die Autoren keinen Fördererfolg auf unspezifische Variablen finden. Langfristig jedoch zeigte sich ein Fördererfolg in den Kompetenzen der Phonologischen Bewusstheit (Krajewski & Nieding et al., 2008).

In einer weiteren Veröffentlichung von Krajewski & Renner et al. (2008) zur o.g. Evaluationsstudie (Krajewski & Nieding et al., 2008) wurde mit einem Prä-Posttest-Design untersucht, ob Kinder verschiedener Altersgruppen auf unterschiedlichen Ebenen des ZGV-Modells Fördererfolge erzielen. Es nahmen 69 Vorschulkinder an der zehnwöchigen Förderung teil, die täglich ca. 30 Minuten dauerte und in Kleingruppen durchgeführt wurde. Weitere 108 Kinder bildeten die ungeförderte Kontrollgruppe. Folgende Altersgruppen wurden ein Jahr vor Schuleintritt gebildet: jüngere Kinder (58 – 63 Monate), Kinder im mittleren Alter (64–68 Monate) und ältere Kinder (69–78 Monate). Es konnte

---

<sup>3</sup> Die Durchführungsdauer wurde nach der hier beschriebenen Pilotierung verändert, so dass die Dauer der veröffentlichten Version kürzer ist. Damit ist der Unterschied zwischen der Angabe der Durchführungsdauer in der allgemeinen Beschreibung und der hier beschriebenen Studie zu erklären.

der Fördererfolg für alle Kinder bestätigt werden. Im Vergleich zur Entwicklung der Kontrollgruppe konnten jüngere Kinder ausschließlich auf Ebene I vom Training bedeutsam profitieren. Kinder im mittleren Alter zeigten eine signifikant bessere Entwicklung auf den Ebenen I und II gegenüber der natürlichen Entwicklung. Ältere Kinder haben sich während der Förderung ausschließlich auf Ebene III signifikant besser als die Kontrollgruppe entwickelt. Effektstärken werden in dieser Studie nicht berichtet.

In einer Studie von Renner (in Vorb.; zitiert nach Schneider et al., 2013) wurde die Pilotstudie mit einer größeren Teilnehmerzahl ( $N = 567$ ) repliziert. Die Kinder wurden auf drei Gruppen aufgeteilt. Mit einer Gruppe wurde das MZZ in einer überarbeiteten Fassung mit Schwerpunkt auf der Erkenntnis, „[...] dass Zahlen abstrakte Symbole für Mengen sind [...]“ (Schneider et al., 2013, S. 90), durchgeführt. Eine weitere Gruppe erhielt eine Mathematikförderung mit dem Programm „Komm mit ins Zahlenland“ (Friedrich & Galgóczy, 2004). Eine letzte Gruppe erhielt keine Förderung, die über das Angebot in Vorschulgruppen hinausging. Kurzfristig konnte ein signifikanter Fördererfolg der mit dem MZZ geförderten Kinder gegenüber den Kindern, die das Alternativtraining erhielten, und gegenüber der Kontrollgruppe festgestellt werden. Die Förderung mit dem Alternativtraining zeigte keine unterschiedliche Entwicklung im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis wird auch für Kinder berichtet, die im Vortest eine Leistung mit Prozentrang (PR)  $< 33$  zeigten. Ein Jahr später, am Ende der ersten Klasse, erfolgte eine Follow-Up-Erhebung. Die Ergebnisse zeigten erneut einen signifikanten Vorsprung in der Leistungsentwicklung für die mit dem MZZ Programm geförderten Kinder gegenüber dem Alternativtraining und der Kontrollgruppe. Erneut gab es keinen Unterschied zwischen der Entwicklung im Alternativtraining und der Kontrollgruppe. In der Analyse mit Risikokindern (PR  $< 33$ ) zeigte sich ebenfalls dieses Ergebnismuster.

Mit der theoretischen Orientierung des Förderprogramms am ZGV-Modell ergibt sich, dass das MZZ ein inhaltspezifisches und entwicklungsorientiertes Programm zur Förderung spezifischer mathematischer Vorläuferkompetenzen ist. Es ist systematisch aufgebaut, indem zunächst die Kompetenzen der Ebene I trainiert werden, bevor die Förderung der Kompetenzen der Ebene II und abschließend der Ebene III folgt. Durch den spiralcurricularen Aufbau wird sichergestellt, dass die wesentlichen Inhalte des zweiten Schwerpunkts ausreichend trainiert werden und sicher angewendet werden können. Mit den Verfahren MBK-0 und MBK-1 liegen zukünftig Verfahren vor, die ein sinnvolles Tandem aus Test und Förderprogramm bilden, da beide am selben Entwicklungsmodell ausgerichtet sind. Die Darstellungsmittel machen abstrakte Eigenschaften der Zahlen begreifbar. Das Programm ist auf den zentralen Inhalt fokussiert. Gepaart mit den geeigneten Darstellungsmitteln erscheint eine arbeitsgedächtnisschonende Förderung möglich. Dass die Aufgaben und Darstellungsmittel des MZZ zur Vermittlung mathematischer Vorläuferkompetenzen geeignet sind, konnte für Schüler der Vorklasse, Vorschule, Förderschule und ersten Klasse gezeigt werden. Darüber hinaus besteht erste Evidenz dafür, dass eine unterrichtsintegrierte Förderung möglich ist und je nach

Zeitpunkt der Förderung auch Transfereffekte auf basale Rechenkompetenzen gefunden werden können, obwohl Rechenkompetenzen im MZZ nicht explizit gefördert werden. Die Befundlage für Kindergartenkinder basiert bislang auf drei Studien, wovon eine Studie noch nicht veröffentlicht wurde. In der ersten Studie zeigte sich ein Fördererfolg im Vergleich zu einem Alternativtraining und einer ungeforderten Stichprobe. Dieser Effekt wurde nicht nur am Ende des Trainings gefunden, sondern auch noch ein Jahr später (Krajewski & Nieding et al., 2008). Es zeigte sich in der bislang unveröffentlichten Studie, dass alle Vorschulkinder und insbesondere Kinder mit schwachen Ausgangsleistungen von der MZZ-Förderung profitieren (Renner, in Vorb.). In einer weiteren Studie konnte gezeigt werden, dass alle Kinder vom Training profitieren, wobei die Fördererfolge abhängig vom Alter des Kindes auf unterschiedlichen Ebenen des ZGV-Modell verortet sind (Krajewski & Renner et al., 2008).

Kritisch ist an den bisherigen Evaluationsstudien anzumerken, dass in der ersten Studie die beiden Fördergruppen unterschiedlich intensiv gefördert wurden. In der zweiten Studie fehlt ein Vergleich zu einem Alternativtraining. Wünschenswert wäre auch die Angabe korrigierter Effektstärken gewesen, da diese eine größere Aussagekraft für die Praxis haben als die Angabe signifikanter Mittelwertunterschiede. In der bislang unveröffentlichten Studie wurde daher die erste Studie mit einer höheren Teilnehmerzahl wiederholt. Zukünftig wäre eine Fremdevaluation des Programms auch bei Kindergartenkindern sinnvoll, wie sie bereits für die erste Klasse von Hasselhorn & Linke-Hasselhorn (2013) vorliegt.

Mit der berichteten Evidenzlage und insbesondere mit der noch unveröffentlichten Studie zeigt sich, dass eine Kleingruppenförderung mit dem MZZ Programm die Entwicklung mathematikspezifischer Vorläuferkompetenzen bei Vorschulkindern bedeutsam positiv beeinflussen kann. Aus diesem Grund und da zum Zeitpunkt der Planung dieser Studie noch kein anderes ähnlich positiv evaluiertes Förderprogramm verfügbar war, wurde dieses Förderprogramm in der vorliegenden Studie eingesetzt.

### ***2.3 Zusammenfassung***

In Deutschland existieren mittlerweile sechs Förderprogramme, die im Kindergartenalter, meist für Vorschulkinder konzipiert wurden, die mathematische Vorläuferfertigkeiten trainieren sollen und die empirisch evaluiert wurden. Sowohl in der Konzeption als auch in der Qualität der Evaluationsstudien zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Programmen. So sind von den sechs berichteten Programmen nur vier sicher inhaltspezifisch. Bei einer Studie kann auf Grund der im Vortest vorliegenden Deckeneffekte keine gesicherte Aussage darüber getroffen werden. Das bedeutet, für diese Programme ist es gelungen nachzuweisen, dass ein spezifischer Fördereffekt auf frühe mathematische Kompetenzen vorliegt. Einzig für das Programm „Komm mit ins Zahlenland“ (Friedrich & Galgóczy, 2004) gelang dieser Nachweis bislang nicht, da in den Zielvariablen eher allgemeine kognitive Kompetenzen als mathematische Vorläuferfertigkeiten überprüft wurden (s. Kapitel 2.2.1). Für das Programm „Spielend Mathe“ (Quaiser-Pohl et al., in Vorb.) fehlt der statistische Nachweis der

Inhaltsspezifität ebenfalls, da das zur Evaluation eingesetzte Maß für den spezifischen Fördererfolg bereits im Vortest Deckeneffekte aufwies und eine Entwicklungsabbildung aus diesem Grund nicht erfolgen konnte. Da allerdings ein Fördererfolg in basalen Rechenfertigkeiten (Plus rechnen im HRT des Follow-Up-Tests) gemessen wurde, deutet dies auf eine inhaltspezifische Förderung hin (s. Kapitel 2.2.2). Die im letzten Jahrzehnt intensivierte Forschung zur natürlichen Entwicklung mathematikspezifischer Vorläuferkompetenzen hat versucht, diese Entwicklung chronologisch (mit fortschreitendem Alter) oder kompetenzorientiert (welche Kompetenz muss vorhanden sein, bevor die nächste erworben werden kann) zu beschreiben. Für die Planung einer Förderung ist es wichtig, die Zone der nächsten Entwicklung zu kennen (Vygotsky, 1987). Daher erscheint es sinnvoll, dass sich Förderprogramme in ihrem Konzept an Modellen der natürlichen Entwicklung orientieren und mathematische Vorläuferkompetenzen systematisch und sukzessive aufbauen. Die Analyse der Konzepte ergibt, dass alle sechs Förderprogramme einer eigenen Systematik folgen, die jedoch nicht immer entwicklungsorientiert ist. So folgt das Programm „Komm mit ins Zahlenland“ als einzigem mathematischem „Entwicklungskonzept“ dem aufsteigenden Zahlenwert (Erste Sitzung Einführung der Zahl 1, letzte Sitzung Einführung der Zahl 10). Zusätzlich werden wesentliche mathematische Erkenntnisse, wie z.B. die Mengen-Zahl-Zuordnung, durch den Zahlen zugeschriebenen menschlichen Charaktereigenschaften verdeckt (s. Kapitel 2.2.1). Das Programm „Spielend Mathe“ fördert zwar im Vergleich zum Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung (s. Kapitel 1.2.2) mathematikspezifische Vorläuferkompetenzen, führt diese jedoch nicht konsequent entwicklungsorientiert durch. So erfolgen noch im dritten Förderschwerpunkt Übungen, die der Ebene I des ZGV-Modells zugeordnet werden können. Alle anderen Verfahren orientieren sich explizit erwähnt oder indirekt beschrieben an einem Entwicklungsmodell und können somit als entwicklungsorientiert eingestuft werden. Ist ein Verfahren nach einem Baukastensystem aufgebaut, kann es ebenfalls als entwicklungsorientiert gelten, wenn es nach einem flexiblen Einstieg ermöglicht in der Zone der nächsten Entwicklungsstufe zu fördern. Krajewski & Ennemoser (2010) verlangen eine arbeitsgedächtnisschonende Förderung und Darstellungsmittel, die so gestaltet sind, dass sie abstrakte Eigenschaften der Zahlen begreifbar machen. In der Analyse dieser Kriterien zeigt sich, dass nur wenige Programme strikt ressourcenorientiert gestaltet sind. Das Förderprogramm „Komm mit ins Zahlenland“ arbeitet mit Personifizierungen, die das Arbeitsgedächtnis zusätzlich belasten könnten. In Kapitel 2.2.1 konnte außerdem anhand von Beispielen dargestellt werden, dass diese Personifizierungen kaum Hilfestellung zur Lösung mathematischer Probleme sind und die Darstellung der Zahlen mit geometrischen Figuren nicht intuitiv eingängig ist. Alle anderen Programme arbeiten meist mit eingängigen und intuitiv erschließbaren Visualisierungen und Darstellungsmitteln. Nur das Programm „Mengen, zählen, Zahlen“ (MZZ; Krajewski et al., 2007) verwendet Darstellungsmittel mit genormten Größen, mit denen die Zu- und Abnahme und die Teil-Ganzes-Beziehungen sehr anschaulich und haptisch begreifbar gemacht werden können. Ein letzter wichtiger Punkt für die Konzeption eines Förderprogramms ist nach Krajewski & Ennemoser (2010) die Fokussierung auf den wesentlichen Inhalt. Auch der Einfluss von Geschichten

zum Einstieg in eine Fördersitzung, wie sie im Programm „Mina und der Maulwurf“ (Gerlach & Fritz, 2011) eingesetzt werden, könnte motivierend wirken oder vom eigentlichen Inhalt ablenken (vgl. Kapitel 2.2.5). Hierzu ist weitere Forschung notwendig.

Mit einer theoretischen Fundierung ist ein wichtiger Schritt bei der Erstellung und Evidenzbasierung eines Förderprogrammes getan (vgl. Nußbeck, 2007). Erst durch quantitative Analysen kann beurteilt werden, ob Fördererfolge eines Trainings im Vergleich zur natürlichen Entwicklung oder zu Alternativtrainings auch statistisch bedeutsam sind (Euker, Kuhl & Probst, 2012). Wichtig ist dabei nicht nur ein kurzfristiger Fördererfolg, der in der Regel unmittelbar nach Ende eines Trainings erhoben wird, sondern auch ein nachhaltiger Effekt, der erst mehrere Monate nach Ende des Trainings gemessen werden sollte. Da mit einem Training von Vorläuferkompetenzen der Erwerb der späteren Kulturtechnik - in diesem Fall Rechnen - erfolgreich vorbereitet werden soll, ist ein weiteres Prädikat für ein Förderprogramm der Nachweis eines Transfereffekts auf Rechenkompetenzen. Diese Analysen müssen einer ausreichend großen Stichprobe durchgeführt werden. Ein Blick auf Evaluationsstudien der oben beschriebenen Förderprogramme zeigt, dass in den meisten Studien der Fördererfolg nur der natürlichen Entwicklung aber nicht dem Fördererfolg eines Alternativtrainings gegenübergestellt wird (aus Gründen der Übersichtlichkeit werden hier nur Studien mit Alternativtraining und Kontrollgruppe bei Kindergartenkindern aufgelistet: Clausen-Suhr et al., 2008; Krajewski & Nieding et al., 2008; Langhorst et al., 2013; Renner, in Vorb.). In einer Studie fehlt gar der Kontrast zur natürlichen Entwicklung (Pauen & Pahnke, 2008) und in einer weiteren werden keine statistischen Vergleiche mit der Kontrollgruppe berichtet (Pauen, 2009). Häufig fehlen Follow-Up Erhebungen zur Bestimmung der Nachhaltigkeit des Trainings (Friedrich & Munz, 2006; Langhorst et al., 2013; Pauen, 2009; Pauen & Pahnke, 2008; Peucker & Weißhaupt, 2004/2005). Transfereffekte werden nur in wenigen Studien berichtet (vgl. Krajewski & Nieding et al., 2008; Quaiser-Pohl, 2008). In einer Studie werden nur Effektstärken aber keine Signifikanzprüfung berichtet (Langhorst et al., 2013). Sofern nicht nur Effektstärken für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen über die Zeit (inklusive Phase mit Förderung) angegeben werden, sondern korrigierte Effektstärken, die die Entwicklung zwischen zwei Experimentalgruppen vergleichen, so bewegen sich diese im hohen mittleren Bereich (Krajewski & Nieding et al., 2008; Langhorst et al., 2013). Dieses Ergebnis und sowie berichtete Transfereffekte geben starke Hinweise darauf, dass eine Förderung mathematischer Vorläuferkompetenzen den erfolgreichen Erwerb von Rechenkompetenzen unterstützen kann.

### **3 Peer-gestützte Förderung**

Peer-gestützte Förderung hatte laut Greenwood (1991) historisch gesehen den Fokus darauf, lernschwachen Kindern zusätzliche Hilfe anzubieten, soziale Kompetenzen zu fördern und ein hohes Maß individueller Instruktion zu erreichen. Gleichzeitig war mit steigender Diversität im Klassenraum Unterricht im „Gleichschritt“ mit der gesamten Klasse und die bislang typische „top-down“ Hierarchie

im Klassenraum nicht mehr praktikabel. Zusätzlich fand in der Wissenschaft ein Wechsel der Kriterien für guten Unterricht statt. Standen bislang eher unveränderliche Merkmale, wie sozioökonomischer Status, Lehrerfahrung, und Schulressourcen im Vordergrund, rückten nun veränderbare Merkmalen, wie Lehrerverhalten, Schülerverhalten im Unterricht und Vorbereitung des Klassenraums (Greenwood, 1991). Berliner (1988) identifizierte sieben Prozesse im Klassenraum, die den Lernerfolg stark beeinflussen. Diese sind: Zeit der Beschäftigung, Zeitmanagement, Erfolgsquote, schulische Lernzeit, Überwachung, Strukturierung und (Nach-)Fragen. Unter Beschäftigungszeit (engaged time) versteht er die Zeit, in der Schüler mit Schreiben, leise oder lautem Lesen oder Gesprächen über Unterrichtsthemen beschäftigt sind. Zeitmanagement bedeutet für ihn, möglichst wenig Zeit für Aktivitäten, in denen kein inhaltlicher Unterricht stattfindet, z.B. Plätze einnehmen zu Beginn einer Unterrichtseinheit, zu verschwenden. Unter „schulischer Lernzeit“ versteht er die Zeit, die Schüler damit verbringen, die in der Leistungsüberprüfung geforderten Kompetenzen zu erwerben. Die Aufgaben sollen so gestaltet sein, dass die Schüler Erfolg haben. Mit Überwachung meint er sowohl Verhaltensinterventionen im Unterricht als auch die Überwachung der Leistungsentwicklung. Die Strukturierung soll den Schülern Klarheit darüber geben, was von ihnen verlangt wird und warum dies von ihnen verlangt wird. Mit Nachfragen kann der Lehrer die Schüler aktiv im Lernprozess halten.

In den USA wurde festgestellt, dass immer mehr Schüler mit hohem Risiko für die Entwicklung einer Lernstörung eingeschult wurden (Hodgkinson, 1992; Pallas, Natriello & McDill, 1989). Außerdem wurde durch Schulgesetzreformen die vollständige Inklusion von Schülern mit Schwierigkeiten im Lernen angestrebt (Fuchs & Fuchs, 1994). Beides führte zu einer großen Spanne verschiedener Entwicklungsniveaus innerhalb einer Klasse. Mit den Veränderungen der Schülerschaft und dem Wechsel der Kriterien guten Unterrichts setzten Lehrer in den USA auf kooperative Lernformen (collaborative learning) (Antil, Wayne, Jenkins, O'Connor & Vadasy, 1993 zitiert nach L. S. Fuchs et al., 1997), eine Idee, die nicht neu war. Schließlich stammt sie aus der Zeit gegen 1800, als Andrew Bell und etwas später Joseph Lancaster diese Lernformen entwickelten und etablierten (Topping, 1988). Grünke (2006) definiert tutorielles Lernen in Anlehnung an Haag (2014):

Tutorielles Lernen findet immer dann statt, wenn zwei Schüler gemeinsam an der Wiederholung, Vertiefung und Überprüfung ihrer Kenntnisse in einem Unterrichtsfach arbeiten. Eines der beiden Kinder fungiert jeweils als Tutor, vermittelt Wissen, stellt Fragen und korrigiert die entsprechenden Antworten. Das andere Kind nimmt die Rolle des Tutanden ein, beantwortet Fragen, bearbeitet Aufgaben und erläutert seine Lösungen. Beim Tutoriellen Lernen kann die Rollenverteilung konstant oder variabel, das Leistungsniveau der Kinder homogen oder heterogen sowie das Alter der Schüler gleich oder verschieden sein. Kern des Tutoriellen Lernens ist ein gemeinsames, intensives Üben des Lernstoffes mit ständigen Rückmeldungen zur Richtigkeit der Antworten bzw. Aufgabenlösungen. (Grünke, 2006, S. 242)

Nachdem ähnliche kooperative Methoden in den späten 1960er Jahren in den USA wiederentdeckt wurden, begann gleichzeitig zur Entwicklung von Programmen mit peer-gestützter

Förderung die Erforschung von deren Effektivität. Bis zu diesem Zeitpunkt überwogen erzählende Berichte und es lagen wenige quantitative Analysen vor. So berichtet eine Meta-Analyse von Cohen, Kulik & Kulic (1982) ein höheres Entwicklungsniveau in Gruppen mit peer-gestützter Förderung als in Kontrollgruppen. Darüber hinaus wurden in dieser Meta-Analyse Lernerfolge für die Tutoren festgestellt (Cohen et al., 1982), was im Einklang mit weiterer Forschung dazu steht (D. Fuchs et al., 1997). In einer weiteren Analyse wurden die Ergebnisse von Cohen et al. bestätigt, indem festgestellt werden konnte, dass mit peer-tutoriellem Unterricht mindestens dasselbe Lernzielniveau erreicht werden kann, wie in klassischem Unterricht (Greenwood, Carta & Hall, 1988). Levin, Glass & Meister (1984) verglichen vier pädagogische Interventionen und stellten fest, dass eine peer-gestützte Förderung mit altersverschiedenen Tandemmitgliedern die kostengünstigste Methode im Vergleich zu kleineren Klassengrößen, computerunterstützten Instruktionen oder einem längeren Schultag darstellt.

Trotz der identifizierten Vorteile war mit peer-gestützten Lehrprogrammen keine „Allheil-Lösung“ für den Unterricht mit hoher Leistungsheterogenität gefunden. Vielmehr mussten Lehrer die verschiedenen kooperativen Lehrmethoden an die Bedürfnisse ihrer Klasse anpassen. Dabei hatten sie zu berücksichtigen, dass insbesondere bei diesen Methoden der Lernerfolg stark von der Qualität der Schülerinteraktion abhängt (Webb, 1985). Bei geringer Kontrolle der Schülerinteraktionen konnten Lehrer davon ausgehen, dass Schüler mit niedrigem Leistungsniveau von bedeutungsvollen Gruppenprozessen ausgeschlossen sind (O'Connor & Jenkins, 1996), Diskussionen geführt und Erklärungen gegeben werden, die verwirren (Cooper & Cooper, 1984; Michaels & Bruce, 1991; Palinscar & Brown, 1989) und die Förderung mehr auf den operativen Lösungsschritten fokussieren als auf ein zugrundeliegendes konzeptuelles Verständnis (Fuchs, Fuchs, Bentz, Phillips & Hamlett, 1994). Aus diesem Grund konzentrierte sich die Forschung auf die Ermittlung von Prinzipien einer hilfreichen Interaktion. So erwies sich zum Beispiel „elaborated help“ als effektiver Ansatz (Nattiv, 1994; Swing & Peterson, 1982; Webb, 1989, 1991, 1992). Nattiv (1994) trainierte daher drei Wochen vor Beginn der eigentlichen Förderung unterstützendes Verhalten mit den teilnehmenden Schülern. Kriterien unterstützenden Verhaltens, die geübt wurden, waren: direkte Instruktion, Rollensicherheit, Modellierung, Aufmerksamkeitssteuerung auf die Aufgabe und auf Teams, die sich gegenseitig gut helfen, sowie regelmäßige Rückmeldung zu dem, was mit dem gewünschten Verhalten erreicht wurde und Lehrerfeedback zur Effektivität des helfenden Verhaltens. Um die Tutoren darin zu unterstützen, mit welchen Aussagen sie ihren Tutees weiterhelfen können, wurde im Klassenraum ein Poster mit entsprechenden Phrasen aufgehängt (weitergehende Informationen dazu in Nattiv, 1990).

Mit kooperativen Lernformen (collaborative learning) scheint eine Möglichkeit gefunden, um auf die vielfältigen Leistungsniveaus in einer Klasse effektiv einzugehen. Damit die Tandems effektiv am Lerninhalt arbeiten, müssen Anreize mit Hilfe von Verstärkersystemen eingesetzt und insbesondere unterstützendes Verhalten mit den Schülern geübt werden. Zwei Programme, die viele der vorausgehend beschriebenen Qualitätsmerkmale für kooperative Methoden umsetzen und für die vorliegende Arbeit

wichtig sind, sind „Classwide Peer Tutoring“ (Carta, Greenwood, Dinwiddie, Kohler & Delquadri, 1987) und „Peer-Assisted Learning Strategies (PALS)“ von D. Fuchs et al. (1997). Diese werden in den nächsten Kapiteln genauer beschrieben.

### ***3.1 Classwide Peer Tutoring Program (CWPT)***

Eine dieser peer-gestützten Lernformen ist „Classwide Peer Tutoring“ (Fantuzzo, King & Heller, 1992; Greenwood, Delquadri & Hall, 1989). Diese Methode wurde aus Verhaltensanalysen im Unterricht, Lernprozessen und Studien zu effektiven Instruktionen abgeleitet. Ziel ist es die Übungszeit zu erhöhen, sofortige Fehlerkorrektur zu ermöglichen, die Lerngeschwindigkeit zu erhöhen, ein hohes Leistungsniveau zu erreichen und die Arbeit am Lerninhalt sicherzustellen (Delquadri et al., 1986).

#### ***3.1.1 Methode des Classwide Peer Tutoring Program***

Beim CWPT wird die gesamte Klasse eingebunden, indem Partner aus Tutor und Tutee (im Verlauf dieser Studie auch „Trainer“ und „Sportler“ genannt) zusammenarbeiten. Dabei übernimmt der Tutor die Lehrer- und der Tutee die Schülerrolle. Die Rollen wechseln während des Unterrichts nach ca. 10 Minuten, so dass jeder Schüler in die Rolle des Tutors und des Tutees schlüpfen muss. Die Richtigkeit der Aufgaben kontrolliert aber stets der ursprünglich als Tutor benannte Schüler. Die Partnerteams können entweder zufällig, nach Leistungsstand oder nach Sprachentwicklungsstand zusammengesetzt werden. Wird sich dazu entschieden die Teams nach dem Leistungsstand zu bilden, sollten gleiche oder benachbarte Leistungsniveaus zusammenarbeiten. Die Partnerteams werden jede Woche neu aus allen Schülern der Klasse gebildet. Damit die Tandems effektiv zusammenarbeiten, erhalten alle Schüler vor dem ersten Einsatz der Methode eine Schulung, in der die Schüler lernen, wie Fehler zu korrigieren sind, wann Punkte für die korrekte Lösung vergeben werden dürfen und wie positives Feedback für die korrekte Antwort und die Mitarbeit gegeben wird. Zwei Teams auf ähnlichem Leistungsniveau treten in der Woche mit gleicher Zusammensetzung gegeneinander an, in dem sie um Punkte kämpfen, die der Tutee erhält, wenn er die vom Tutor gestellten Aufgaben bearbeitet hat. Gewinner werden sowohl täglich als auch über die gesamte Woche hinweg ermittelt, auf einem Poster in der Klasse dokumentiert und belohnt. Dabei erhält der Gewinner Applaus und eine Bevorzugung. Der Zweitplatzierte erhält Applaus für seine Fairness. Der Lehrer portioniert die Übungen in Tageseinheiten, so dass insgesamt eine Schulwoche damit versorgt ist. Die Methode kann sowohl für Unterricht im Lesen und Rechtschreiben, als auch in Mathematik und Naturwissenschaften oder in anderen Inhalten angewendet werden. Bei der Materialauswahl greift der Lehrer auf sein übliches Unterrichtsmaterial zurück und arbeitet es so auf, dass es in Partnerarbeit bearbeitet werden kann. Die Lehrer werden dafür geschult. Der Aufgabenumfang ist richtig bemessen, wenn der langsamste Schüler in der zehnminütigen Tutee-Phase die Übung mindestens zwei Mal durcharbeiten kann. Außerdem stellt der Lehrer das (Hilfs-) Material bereit, das für die Übungen verwendet werden darf. Dieses Vorgehen schafft Freiräume für die Lehrer, so dass sie die Durchführung beaufsichtigen und Hilfestellungen für einzelne Teams geben



können. Bei guter Teamarbeit - gemessen an den geübten Verhaltensweisen - kann er Zusatzpunkte für die wöchentliche Gewinnermittlung verteilen. Außerdem kontrolliert der Lehrer den Lernerfolg mittels wöchentlicher Leistungsüberprüfung. Diese bereitet er vor und richtet sie inhaltlich an den Lerninhalten der Woche aus. Anhand der fortgeführten Dokumentation kann der Lernverlauf mit dem Schüler besprochen und das Schwierigkeitslevel angepasst werden. Die Ergebnisse der Testungen gehen ebenfalls in die Wertung zum Wochensieger ein. Das CWPT enthält also sowohl motivationale Elemente durch den Wettbewerb mit anderen Schülern (Punkteunterschied mit zweitem Partnerteam) als auch durch den Wettbewerb mit sich selbst (Fortschritt im Lernen). Darüber hinaus wird durch die Rollenschulung nicht-schulisches Wissen vermittelt, das positiven Einfluss auf den eigenen Lernerfolg hat (Delquadri, Greenwood, Stretton, Carta & Hall, 1983). So lernen die Tutoren effektive Lernmöglichkeiten zu entwickeln, die Lernzeit ihrer Partner zu erhöhen, ihre Fehler zu korrigieren und Feedback und Bestärkung zu geben. Die Tutees lernen auditive, visuelle und schriftliche Aufgaben zu bearbeiten und lernen neue Lernmethoden kennen (Arreaga-Mayer, Terry & Greenwood, 1998).

Delquadri et al. (1986) fassen zusammen, dass „a) classwide peer-tutoring verschiedene Inhaltsbereiche umfasst (z.B. Lesen, Rechtschreibung, Matheaufgaben) b) wöchentlich neue Partner bereitstellt, c) Partnerfindungsstrategien beinhaltet, d) zwei Teams um die höchste Punktzahl kämpfen, e) Tutees individuelle Punkte verdienen, f) Tutoren sofortige Fehlerkorrektur gewährleisten, g) die Punkte von Tutee und Team veröffentlicht werden und h) das Team mit der höchsten Punktzahl einen Preis gewinnt.“ (eigene Übersetzung nach Greenwood et al., 1989, S. 372)

### 3.1.2 Effektivität des Classwide Peer Tutoring Program

Wichtig für die Evaluation von Lehrmethoden ist deren Umsetzbarkeit in der Praxis. Dementsprechend wurde die Wirksamkeit des Programms in einer Vielzahl von Studien im Klassenraum überprüft. Dabei konnte festgestellt werden, dass durch Classwide Peer Tutoring (CWPT) mehr Lerninhalte in kürzerer Zeit vermittelt werden konnten als in konventionellem lehrerzentrierten Unterricht (Greenwood, Carta & Kamps, 1990; Greenwood, Maheady & Carta, 1991; Mathes & Fuchs, 1993). CWPT zeigte sich dabei in verschiedenen Lerninhalten, wie z.B. in Lesen, Rechnen, Rechtschreiben (Delquadri et al., 1986; Harper, Mallette, Maheady & Clifton, 1990; Harper, Mallette, Maheady, Parks & Moore, 1993), und bei Schülern mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen effektiv (Greenwood, 1991). Im Folgenden werden exemplarisch zwei Studien für verschiedene Alterskohorten und Lerninhalte dargestellt.

*CWPT in middle schools.* In der Meta-Analyse von Rohrbeck et al. (2003) wurde festgestellt, dass CWPT überwiegend für das Grundschulalter (elementary school) evaluiert ist. Daher haben Kamps et al. (2008) Ergebnisse einer Langzeitstudie zur Effektivität von CWPT in „middle schools“ zu Lerninhalten von Lesen, Sozialverhalten und Naturwissenschaften veröffentlicht. Kernfragen der Studie waren, a) wie genau Lehrer CWPT in ihren Unterricht implementierten, b) ob peer-gestützte Förderung

mit beschriebenem Lehrverhalten im Vergleich zu lehrerzentriertem Unterricht einen höheren Nutzen hat, c) wie hoch die Effektstärken des Trainings ausfallen und d) ob sich signifikante Unterschiede zwischen städtischen Schulen und Vorstadtsschulen zeigen. An der Studie nahmen 975 Schüler (54% männlich) in 52 Klassen (62% städtische Klassen) über drei Jahre hinweg teil. Um die Effektivität der Förderung zu bemessen, wurde zunächst mit den Verfahren eine Baseline erhoben, bevor die Experimentalphase begann. Mit dieser Baseline wurden die Outcomes statistisch verglichen. Zur Datenerhebung wurden Verfahren ähnlich früherer Studien eingesetzt, um die Ergebnisse mit dessen früheren Studien vergleichen zu können. Dazu wurde das On-Task-Verhalten (Level der Beschäftigung mit einer Aufgabe), das Off-Task-Verhalten (Level der Ablenkungen, Störungen, etc.), die Umsetzungsgenauigkeit, und die Lesekompetenz mit von den Forschern selbst entwickelten Items erhoben. Die Förderung fand mit wenigen Änderungen vergleichbar zum oben beschriebenen Vorgehen statt. Die größten Änderungen bezogen sich auf motivationale Aspekte. Schüler erhielten für angemessenes Verhalten Lotteriescheine, die im Anschluss an die Stunde in Stifte, Radiergummis, Kartoffelchips eingetauscht werden konnten. Außerdem erhielten die Schüler ein Training zum Selbstmanagement. Es zeigte sich, dass das On-Task-Verhalten höher und das Off-Task-Verhalten niedriger ausfielen als im lehrerzentrierten Unterricht. Die Umsetzungsgenauigkeit geben die Autoren mit 85% (Spanne: 48% - 96%) für Leseunterricht, 95% (Spanne: 89% bis 98%) für Unterricht zum Sozialverhalten und 96% (Spanne: 92% - 98) für naturwissenschaftlichen Unterricht an. Die Effektstärken (ES)<sup>4</sup> des Trainings verschiedener Lerninhalte variieren stark zwischen -.39 bis 4.13. Dabei zeigten sich insbesondere große Schwankungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, deren negative Effektstärke nicht auf Deckeneffekte zurückgeführt werden konnten. Die drei anderen der insgesamt fünf negativen Effektstärken führen die Autoren auf einen Deckeneffekt zurück, da sie alle bei einem Lehrer auftraten, dessen Klasse bereits hohe Baseline-Werte erzielte. Auch fanden sich signifikante Unterschiede in den Effektstärken zwischen Vorstadtsschulen und städtischen Klassen. Insgesamt kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die überwiegend hohen positiven Effektstärken für die CWPT-Methode sprechen und sich mit der hohen Umsetzungsgenauigkeit zeigt, dass CWPT auch in höheren Klassenstufen eingesetzt werden kann. Sie empfehlen weitere Forschung insbesondere im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts, da hier nur wenigen Klassen an der Studie teilnahmen und die Ergebnisse daher nicht aussagekräftig genug sind. Außerdem berichten sie, dass in manchen Klassen die Motivation der Schüler durch die eingebettete Lotterie höher war als durch CWPT an sich. Dies wurde narrativ ohne quantitative Analysen berichtet.

*CWPT in elementary schools.* In einer umfassenden Langzeitstudie untersuchten Greenwood et al. (1989) Effekte des CWPT in „elementary schools“ mit den Lerninhalten Rechtschreiben, Mathematik und Lesen. Als Lesekompetenzen wurden visuelles Unterscheidungsvermögen, Buchstabenerkennung,

---

<sup>4</sup> ES = (Durchschnitt der Experimentalgruppe – Durchschnitt der Baseline) / Standardabweichung der Baseline; Berechnung nach Dunst, Hamby und Trivett (2004)

auditives Unterscheidungsvermögen, Grapheme/Phoneme, Konsonanten und Vokale, Sichtwortschatz, Wortschatz im Kontext und Wortvervollständigung überprüft. Die Diagnostik in Mathematik hatte Zählfertigen, Geometrie und Maße, Problemlösen, ganzzahlige Operationen und Regeln sowie Eigenschaften in Mathematik zum Inhalt. Die Rechtschreibkompetenz beinhaltete die Überprüfung: Fähigkeit Gehörtes zu verstehen, Groß- und Kleinschreibung sowie Interpunktion richtig zu nutzen, sowie Grammatik-, Satzbau-, Rechtschreibregeln anzuwenden. Die teilnehmenden Schulen wurden von der Schulaufsicht sowie den Forschern über das Vorhaben informiert und nach deren sozioökonomischen Status anhand der zusätzlichen staatlichen Zuwendung (Chapter 1 Zuwendung (nicht) erhalten) in drei Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe enthielt Schulen, die keine Chapter 1 – Zuwendungen erhielten, somit einen hohen sozioökonomischen Status aufwiesen und keine CWPT-Förderung erhielten. Die Experimentalgruppe führte CWPT-Förderung durch und erhielt Chapter 1 – Zuwendungen (niedriger sozioökonomischer Status). Die Kontrollgruppe wurde aus Schulen gebildet, die ebenfalls Chapter 1 – Zuwendungen erhielten, aber keine CWPT-Förderung durchliefen. Die Autoren wollten herausfinden, wie effektiv eine Förderung mit CWPT über vier Jahre hinweg sein kann und ob sich unterschiedliche Prozesse im Unterricht zeigen, die Gruppenunterschiede im Lernerfolg erklären können. An der Studie nahmen zu Beginn der Studie 416 Schüler teil. Nach vier Jahren Versuchsdauer waren für 182 Schüler vollständige Datensätze verfügbar. Die hohe Dropout-Rate erklärten die Autoren zum einen durch viele Wechsel der Wohnorte (Umzüge) in Regionen außerhalb des Einzugsgebiets und zum anderen durch eine Schulschließung mit anschließender Neuverteilung der Schüler im Schulamtsbezirk. Die meisten Umzüge fanden dabei in den Schulen mit Chapter 1 – Zuwendungen statt. Anhand einer Erhebung zum sozioökonomischen Status konnte bestätigt werden, dass in Schulen mit Chapter 1 – Zuwendungen der sozioökonomische Status geringer war, als in der Vergleichsgruppe.

Die Autoren konnten in Unterrichtsbeobachtungen feststellen, dass die Experimentalgruppe mehr Zeit für den Übergang von einer Lernsituation zur nächsten benötigte, um die CWPT-Sitzung akkurat vorzubereiten. Zudem verbrachten die Schüler mehr Zeit mit Leseaufgaben und mit Arbeitsblättern als verlangt. Außerdem verbrachten sie mehr Zeit in der großen Klassengruppe, als in separat platzierten Zweierteams, obwohl sie weiterhin als Zweierteam zusammenarbeiteten und sich auf einem relativ hohen Niveau schulischen Verhaltens befanden. Sie hatten weniger Wartezeit bei Fragen an den Lehrer.

In der Vergleichsgruppe mit hohem sozioökonomischen Status wurde viel in Kleingruppen oder mit individualisierten Aufgaben gearbeitet. Die Schüler dieser Gruppe zeigten wenig Off-Task-Verhalten, arbeiteten viel im Workbook und schrieben viel. Auch hier war die Wartezeit bei Fragen an den Lehrer kürzer als in der Kontrollgruppe.

Der Unterricht in der Kontrollgruppe zeichnete sich durch einen Unterricht mit gelenkter Lehrer-Schüler-Interaktion aus. Es wurde viel Zeit mit nicht curricularen Aufgaben verbracht, wie z.B. Lehrer-Schüler-Diskussionen, Medienauf- und abbau usw. Schüler der Kontrollgruppe warteten zudem am längsten auf eine Reaktion des Lehrers im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen. Die Schüler beschäftigten sich auch weniger mit unterrichtlichen Aufgaben, wie Lesen, Schreiben, Nachfragen stellen.

Greenwood (1991) fasst zusammen, dass die Schulleistungen in der Experimentalgruppe sich nach vier Jahren auf dem Niveau des nationalen Leistungsdurchschnitts befanden oder diese überschritten. Die Leistungen der Schüler mit niedrigem sozioökonomischem Status unterschieden sich nicht signifikant von den Leistungen der Vergleichsgruppe mit hohem sozioökonomischen Status. CWPT scheint also auch in der elementary school eine erfolgreiche Unterrichtsmethode zu sein.

### *3.1.3 Zusammenfassung und Reflexion zu CWPT*

Zusammenfassend lässt sich aus den berichteten Evaluationsstudien festhalten, dass CWPT sowohl in der „elementary school“ als auch in der „middle school“ effektiv ist. So werden in beiden Studien Maßnahmen hinsichtlich der von Berliner (1988) aufgestellten sieben Schwerpunkte für Lernerfolge berichtet. Die effektive Lernzeit ist hoch. Das Zeitmanagement könnte noch verbessert werden, da die Schüler viel Zeit aufwenden müssen, um die CWPT-Sitzungen vorzubereiten. Die Schüler erleben Erfolgserlebnisse, da die Aufgaben an den Lernstand der Schüler angepasst werden. Die Überwachung der Lernaktivität wird gewährleistet. Die Strukturierung des Trainings ist transparent. Die Chance zeitnah eine Antwort auf eine Frage durch den Lehrer zu erhalten ist hoch. Außerdem kann der Lehrer durch Fragen unaufmerksame Teams wieder auf den Lerninhalt zurückführen. So kann Greenwood (1991) zur Leistungsentwicklung von risikobelasteten Schülern in „elementary schools“ feststellen, dass ihre Leistungen nach vier Jahren CWPT-Förderung im Lesen, Rechtschreiben und in Mathematik in nationalen Lernstandserhebungen durchschnittlich sind und sich kein signifikanter Unterschied zu Schulen mit höherem sozioökonomischen Status finden lässt, wohingegen Schulen mit vergleichbarem Risiko ohne CWPT-Förderung signifikant schlechter abschneiden. In der Studie mit Schülern der „middle school“ können solche Erfolge in der Entwicklung des Kompetenzniveaus nicht berichtet werden, obwohl sich auch hier häufigeres On-Task-Verhalten als in der Vergleichsgruppe zeigte (Kamps et al., 2008).

Trotz häufig hoher Raten implementierter CWPT-Kriterien benennen Greenwood et al. (1989) einige Einschränkungen bei der Durchführung und Implementierung von CWPT. Diese Einschränkungen beziehen sich hauptsächlich auf die Anforderungen zur Vorbereitung von CWPT-Sitzungen, die physische Anstrengung und den Geräuschpegel während der Arbeit in Tandems. Hinzu kommen Konflikte mit dem Stundenplan. Dass Lehrer ihre Unterrichtsmaterialien an die Anforderungen des CWPT-Programms selber vornehmen, kann als Vorteil gesehen werden, weil dadurch Passung von

Aufgabenschwierigkeit und individuellem Niveau des Schülers gut möglich ist. Dadurch wird aber der Vorbereitungsaufwand für Lehrer hoch und die Qualität der Arbeitsmaterialien variiert stark. Für die Forschung bleibt somit verborgen, ob der Fördererfolg auf die Methode oder das verwendete Unterrichtsmaterial zurückzuführen ist. Schwierigkeiten zeigen sich auch bei der Vermittlung anspruchsvoller konzeptueller Fertigkeiten wie z.B. das Zusammenfassen von Gelesenem. Erfolge in dieser Kompetenz werden auf bloßes Üben zugrundeliegender Mechanismen zurückgeführt (Greenwood et al., 1991). So wird klar, dass die Förderung z.B. in Mathematik hauptsächlich auf dem Prinzip „drill-and-practice“ beruhte (Fuchs et al., 2005). Ermunternd für weitere Forschung in diesem Gebiet ist zusätzlich zu den berichteten Erfolgen die hohe Zufriedenheit und Motivation der Schüler (Greenwood et al., 1989) und die hohe Beliebtheit bei den Lehrern (Greenwood et al., 1991).

### ***3.2 Peer-Assisted Learning Strategies (PALS)***

Mit den von Greenwood (1991) identifizierten Herausforderungen für das CWPT-Programm entwickelten D. Fuchs et al. (1997) ein weiteres peertutorielles Programm: „Peer Assisted Learning Strategies“ kurz PALS. Es basiert auf dem Programm „Classwide Peer Tutoring (CWPT)“ und enthält Materialien für die Förderung von Lesekompetenz und mathematischen Fertigkeiten. Es wurde zahlreich positiv evaluiert. Für diese Arbeit ist PALS besonders interessant, da nicht nur Programme für Schulen (für die 1. Klasse und für die 2. – 6. Klasse), sondern auch für Kindergärten (K-PALS) vorliegen (McMaster & Fuchs, 2016). Um einen ersten Überblick zu PALS zu geben, wird zunächst die Methode beschrieben. Anschließend werden exemplarisch Studienerfolge zu verschiedenen Alterskohorten berichtet. Sowohl bei der Methodenbeschreibung als auch in der Darstellung von Fördererfolgen wird der Schwerpunkt entsprechend des Themas der Arbeit auf Programme für das Kindergartenalter gelegt.

#### ***3.2.1 Methode des Peer Assisted Learning Strategies Program***

Vor Beginn der Förderung erstellt der Lehrer basierend auf vorausgegangenen Leistungsüberprüfungen eine Rangliste nach Kompetenzniveau der Schüler. Diese Liste wird in zwei gleichgroße Hälften geteilt. Es arbeiten immer diejenigen Schüler zusammen, die denselben Rangplatz innehaben (erster Schüler der Rangliste der ersten Hälfte und erster Schüler der Rangliste der zweiten Hälfte). Dies wird fortgesetzt, bis alle Schüler einem Team zugehören. Sollten sich Schwierigkeiten in der Zusammenarbeit zeigen, sei es zum Beispiel auf Grund von Verhaltensschwierigkeiten, kann der Lehrer Ausnahmen von dieser Zuteilungsprozedur machen. Weitere Ausnahmen kann er dann vornehmen, wenn aufgrund großer Leistungsrückstände eine „eins-zu-eins“-Unterstützung durch einen Lehrer oder durch einen älteren Schüler erforderlich ist. Die Teams arbeiten für vier Wochen zusammen. Danach wird mittels der laufend erhobenen Daten eine neue Rangliste erstellt, die zu einer neuen Teameinteilung führt (McMaster & Fuchs, 2016).

Ebenfalls vor Beginn der inhaltlichen Förderung werden die Schüler in ihren Rollen geschult. In diesen vom Programm vorgegebenen Sitzungen lernen die Schüler verschiedene Kommandos für die

jeweiligen Aufgaben (z.B. „What sound?“) kennen und erfahren wie korrekatives Feedback durchgeführt wird. Zudem lernen bestimmte Vorgehensweisen des Programms kennen (z.B. das Abhaken auf Smileylisten, wenn eine Aufgabe erledigt wurde). Mit diesen Verhaltensweisen sollen die Schüler motiviert und in die Lage versetzt werden, die Förderung selbstständig durchzuführen. (D. Fuchs et al., 1997).

Die Aufgabenschwierigkeit wird am Niveau des schwächeren Teammitgliedes ausgerichtet. Dabei müssen nicht alle Schüler im Gleichschritt die verschiedenen von PALS zur Verfügung gestellten Aufgaben bearbeiten. Es ist vielmehr sinnvoll, dass schnellere Schüler an schwierigeren Inhalten arbeiten als andere und umgekehrt. Das Niveau zur Leseförderung ist dann richtig gewählt, wenn der schwächere Schüler ungefähr 90% der verwendeten Wörter lesen kann (McMaster & Fuchs, 2016).

Für die Durchführung der Leseförderung liegen 72 ausgearbeitete Sitzungen vor, die ungefähr 30 Minuten dauern. Diese setzen sich zusammen aus fünf Minuten „Sound Play“ mit Übungen zur Phonologischen Bewusstheit, fünf Minuten direkte lehrerzentrierte Einführung in den Lerninhalt, 15 Minuten Partnerarbeit sowie weitere Minuten für Übergangszeiten zwischen den einzelnen Phasen einer Einheit. In der Partnerarbeitsphase beginnt der Tutor mit der Lehrerrolle und der Tutee mit der Schülerrolle. Nachdem der Tutee die Aufgabe fertiggestellt hat, wechseln die Rollen. Nach jeder vollständigen Bearbeitung einer Aufgabe kreuzen die Schüler einen weiteren Smiley auf ihrer Liste an. Sollten sie so schnell und gründlich arbeiten, dass sie am Ende noch Zeit übrig haben, wiederholen sie die Aufgaben und können sich somit weitere Punkte auf ihrer Smileykarte erarbeiten und ihr neues Wissen weiter automatisieren (McMaster & Fuchs, 2016).

Durch die hohe Selbstständigkeit der Schüler kann der Lehrer sich im Klassenraum bewegen und sicherstellen, dass alle Schüler mit den Aufgaben beschäftigt sind und bei Bedarf weitere Hilfe anbieten und geben. Außerdem kann der Lehrer Zusatzpunkte für die gute Umsetzung der PALS-Regeln und gutes Sozialverhalten verteilen. Innerhalb der Schülerteams werden Punkte für die richtige Fertigstellung einer Aufgabe vergeben und auf einer Punkteliste festgehalten. Mit der Teamzusammensetzung wird auch festgelegt, welche zwei Teams gegeneinander antreten. Am Ende einer jeden Woche zählen die Teams ihre Punkte zusammen. Beide Teams erhalten für ihre Arbeit Anerkennung und der Gewinner wird mit einer Schleife geehrt (McMaster & Fuchs, 2016).

### 3.2.2 Effektivität des Peer Assisted Learning Strategies Program

L. S. Fuchs et al. (2001) erkannten, dass peer-gestützte Förderung bislang nur sehr selten *mit Kindergartenkindern* durchgeführt wurde, obwohl erste Hinweise auf Erfolge vorhanden waren (z.B. Ames & Murray, 1982; Silverman & Sotne, 1972) und obwohl bereits Belege für die Effektivität peer-gestützter Förderung an sich und PALS im Speziellen für andere Altersgruppen vorlagen (s. unten). Zugleich wurde von Okamoto & Case (1996) beschrieben, dass Schüler bei der Einschulung mindestens laut zählen und grobe Größenvergleiche von Zahlen vornehmen können sollten. Da dies aber nicht

immer der Fall war, wurde das Förderprogramm „Number Words“<sup>5</sup> entwickelt (Vorgängerversion „Rightstart“ von Griffin, Case & Siegler, 1994). Dieses Programm wurde von L. S. Fuchs et al. (2001) so umgestaltet, dass es den Anforderungen einer peer-gestützten Durchführung entsprach. Inhaltlich wurde, anders als bei „Number Words“, eher auf Zahlen fokussiert und auf Inhalte wie Raum und Zeit verzichtet. An der Studie nahmen ca. 20 Lehrer mit ihren Klassen teil, deren Schüler sowohl aus sozioökonomisch schwachen als auch aus sozioökonomisch unauffälligen Regionen stammten. Die Klassen wurden per Zufall einer Bedingung (PALS oder konventionelle Förderung) zugeteilt. In der Experimentalgruppe wurde PALS zwei Mal wöchentlich über 15 Wochen hinweg durchgeführt und nur in den üblichen Mathestunden eingesetzt. Abweichend von der oben beschriebenen Methodik wurden die Teams alle zwei Wochen neu gebildet (statt alle 4 Wochen) und in jedem dritten Zwei-Wochen-Zyklus arbeiteten Schüler mit vergleichbarem Leistungsniveau zusammen. Jedes Team hatte seinen eigenen Materialsatz. Die Autoren der Studie konnten eine signifikante Interaktion von Bedingung und Zeit identifizieren, wobei die PALS-Schüler den Kontrollschüler mit einer Effektstärke von 0.24 überlegen waren. Ebenfalls berichten die Autoren Effektstärken bezüglich der Förderung zwischen - 0.20 bis 0.53 innerhalb einer Leistungsgruppe (hohes, mittlere, niedriges Ausgangsniveau und beeinträchtigte Schüler). Die negative Effektstärke trat bei den Schülern mit den besten Vortestleistungen auf, weshalb die Autoren diese auf Deckeneffekte zurückführen. Mit der Studie konnte ein hoher Grad an Umsetzungsgenauigkeit festgestellt werden, der allerdings sehr zwischen den einzelnen Lehrern schwankte (40% - 100% der Kriterien der PALS-Förderung umgesetzt). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass das Programm praktische Evidenz hat, weil es von methodisch geschulten Lehrern erfolgreich eingesetzt werden kann, sich eine hohe Umsetzungsgenauigkeit messen und ein signifikanter Fördererfolg im Vergleich zu einer Kontrollgruppe finden lässt. Einen Nachweis über Langzeiteffekte der Förderung erbringen sie jedoch nicht.

In einer neueren Untersuchung zur Effektivität von PALS in Kindergärten, die zum Ziel hatte die Förderung der Lesekompetenz bei Schülern mit verschiedenen Beeinträchtigungen z.B. Sprechstörung, Sprachbehinderung, Verhaltensauffälligkeiten, Lern- und Geistige Behinderung oder ADHS (Rafdal et al., 2011) zu evaluieren, wurden die Daten aus der Studie von Stein et al. (2008) unter einleitend genanntem Schwerpunkt verwendet. Die gewonnenen Ergebnisse sollten auch mit den Ergebnissen der Studie von D. Fuchs, L. S. Fuchs & A. Thompson et al. (2001) und deren Reanalyse für Schüler mit Lernschwierigkeiten D. Fuchs et al. (2002) verglichen werden, obwohl sich die Studien im Startpunkt innerhalb des Schuljahres unterschieden. Trainiert wurden in beiden Studien die Phonologische Bewusstheit, das Alphabet und lautes Lesen. Die Methode war wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben. In der neueren Studie (N = 85) zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der Experimentalgruppe und der Kontrollgruppe in den Kompetenzen lautes Lesen (*Cohens d* = 0.51), Buchstabieren (*Cohens d* = 0.31) und Worterkennung (*Cohens d* = 0.38). Außerdem konnte festgestellt

---

<sup>5</sup> Für eine Übersicht zu theoretischer Fundierung, Konzeption und Fördererfolgen siehe Griffin (2009).

werden, dass mehr Schüler mit Beeinträchtigungen von PALS profitierten als in der Kontrollgruppe (qualitative Untersuchung der Daten), obwohl es in beiden Gruppen non-responder gab, die nicht von dem Training profitierten, an dem sie teilgenommen hatten (Rafdal et al., 2011). Insbesondere das letztgenannte Ergebnis steht im Einklang mit den Ergebnissen von D. Fuchs et al. (2002). Ebenfalls konnte in der letztgenannten Studie festgestellt werden, dass die PALS-Gruppe in den meisten der überprüften Kompetenzen am besten abschnitt. Auf Grund der kleinen Teilnehmerzahlen ( $N = 24$ ) berichten die Autoren Effektstärken. Diese variieren zwischen  $ES = -0.42$  („rapid letter naming“) bis  $ES = 0.69$  („rapid letter sound“), wobei „rapid letter naming“ kein Bestandteil der PALS-Förderung war (D. Fuchs et al., 2002). Demnach zeigte sich auch in dieser Studie ein positiver Effekt von PALS-Förderung für Schüler mit Beeinträchtigungen. In der Studie von D. Fuchs, L. S. Fuchs & A. Thompson et al. (2001) wurde der Fördererfolg für alle Schüler überprüft. Zusätzlich fand die Auswertung in den Subgruppen „low achieving students“, „average achieving students“ und „high achieving students“ statt ( $N = 404$ ). Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die Experimentalgruppe mit einer kombinierten Förderung aus einem Förderprogramm zur Phonologischen Bewusstheit („Ladders“ in Anlehnung an O'Connor, Notari-Syverson & Vadasy, 1998) und PALS vergleichbare Ergebnisse mit der Experimentalgruppe, die nur die Ladders-Förderung erhielt, im Kompetenzbereich Phonologische Bewusstheit aufwiesen. Beide Experimentalgruppen wiesen einen größeren Fördererfolg auf als die Kontrollgruppe. Die Effektstärken der Experimentalgruppe mit kombinierter Förderung gegenüber der Kontrollgruppe variierten zwischen  $ES = 0.45$  bis  $ES = 2.10$  (D. Fuchs, L. S. Fuchs & A. Thompson et al., 2001). In den o.g. Studien wurde die Genauigkeit in der Implementierung von PALS überprüft. Diese schwankte zwischen ca. 70% und 90% (D. Fuchs et al., 2002, 2001; L. S. Fuchs et al., 2001). Diese Schwankungen in der Implementierungsgenauigkeit gaben Anlass für eine systematische Untersuchung.

*PALS-Mathe in der ersten Klasse.* Die Durchführung der PALS-Mathematik Förderung in der ersten Klasse (L. S. Fuchs et al., 2002) ist sehr ähnlich zu der oben beschriebenen Methode für die Durchführung im Kindergarten. Allerdings arbeiteten die Zweiertteams drei Wochen zusammen und in jedem dritten Drei-Wochen-Zyklus arbeiteten ungefähr gleich gute Schüler zusammen (für eine genaue Beschreibung der Durchführung s. L. S. Fuchs et al., 2002). Für eine erste Studie in ersten Klassen wurden 327 vollständige Datensätze mit Blick auf die Förderung mit dem üblichen vom Schulamt vorgeschriebenen Material in den zwei Bedingungen (PALS vs. non-PALS) ausgewertet. Die Gesamtdauer betrug 22 Wochen. Es lagen keine Vortestunterschiede vor. Die PALS-Gruppe erzielte im Vergleich zur einer Gruppe mit üblichem Klassenunterricht eine Effektstärke  $ES = 0.33$  für Schüler, die von den Lehrern als unauffällig beschrieben wurden. Der selbe Vergleich für Schüler, die von Lehrern aus auffällig bezeichnet wurden, fiel mit  $ES = 0.55$  sogar noch größer aus. Die Durchführungsgenauigkeit nahm von der 7. bis zur 13. Woche etwas ab (L. S. Fuchs et al., 2002). Auch



hier bleibt ein Nachweis über die Nachhaltigkeit der Förderung aus. Außerdem fehlen Angaben zum Trainingsinhalt der Kontrollklassen.

*PALS-Lesen in der ersten Klasse.* Auch für die Leseförderung mit PALS in der ersten Klasse liegt eine positive Evaluation vor (D. Fuchs, L. S. Fuchs & L. Yen et al., 2001). Es nahmen 33 Klassen über 22 Wochen teil. Die Leseförderung beinhaltete sowohl Aufgaben zur Phonologischen Bewusstheit als auch gezielte Übungen zur Leseflüssigkeit. Insgesamt wurden die Klassen per Zufall auf drei Bedingungen aufgeteilt: eine Gruppe erhielt eine Förderung der Phonologischen Bewusstheit mit PALS, eine Gruppe erhielt eine Förderung der Phonologischen Bewusstheit zusammen mit Aufgaben zur Steigerung der Leseflüssigkeit und eine Gruppe bildete die Kontrollgruppe, welche die übliche Förderung durchführte. Die beiden Bedingungen mit Förderung übertrafen in ihren Lernfortschritten die Kontrollgruppe, unterschieden sich jedoch nicht untereinander. Der Lernfortschritt in der Bedingung mit wird mit einer Effektstärke = 0.50 in der Phonologischen Bewusstheit und  $ES = 0.21$  im Wortlesen angegeben (D. Fuchs, L. S. Fuchs & L. Yen et al., 2001). Ähnliche Effektstärken fanden Calhoon, Al Otaiba, Cihak, King & Avalos (2007) für die Förderung englisch lernender und bereits gut englischsprechender lateinamerikanischer Schüler. Auch hier betrug der Lernfortschritt in der Phonologischen Bewusstheit  $ES = 0.53$ , für Decodier-Kompetenzen  $ES = 0.50$  (Calhoon et al., 2007). Die Effektstärken unterschieden sich nicht zwischen den beiden Leistungsgruppen (Englisch gut vs. Englisch lernend). Die Implementationsgenauigkeit wurde in dieser Studie nicht untersucht.

Schon in den ersten Untersuchungen zu PALS wurde die Effektivität bei Schülern der zweiten bis sechsten Klasse untersucht (D. Fuchs et al., 1997). Die Dauer der Leseförderung betrug zwölf Sitzungen. Die 40 teilnehmenden Lehrer wurden auf die zwei Bedingungen PALS vs. non-PALS aufgeteilt. Es ergab sich unabhängig vom Leistungsstand zum Vortest ein signifikanter Unterschied im Lernfortschritt zwischen den beiden Gruppen, der zugunsten der PALS-Förderung ausfiel. Die Effektstärken variierten zwischen den einzelnen getesteten Lesekomponenten zwischen  $ES = 0.22$  (Anzahl der in drei Minuten gelesenen Wörter) bis  $ES = 0.56$  (in MAZE-Prozedur richtig ausgewählte Items in einem standardisierten Lesetest). Obwohl der Lernfortschritt in allen Leistungsgruppen gefunden werden konnte, konnten 20% der Risikoschüler keinen Lerngewinn erzielen (D. Fuchs et al., 1997). In einer Studie von Saenz, Fuchs & Fuchs (2005) wurde die Effektivität von PALS-Leseförderung bei englisch lernenden Schülern mit und ohne Lerneinschränkungen untersucht ( $N = 132$ ). Auch hier zeigte sich, dass die PALS-Förderung einen besseren Lernfortschritt erzielte als die Kontrollgruppe. Es werden Effektstärken von  $ES = 0.40$  (in MAZE-Prozedur richtig ausgewählte Items in einem standardisierten Lesetest) und  $ES = 0.60$  (Anzahl richtig gelesener Wörter in drei Minuten) berichtet. Somit liegen zwei Studien zur Leseförderung bei Zweit- bis Sechstklässlern vor, die trotz unterschiedlicher Stichproben zu vergleichbaren Ergebnissen kommen, in denen sich die PALS Förderung einer herkömmlichen Förderung (Kontrollgruppe) überlegen zeigte.

In fast allen hier aufgeführten Studien wurde die Förderung von Lehrern selbst durchgeführt, nachdem sie unterschiedlich intensiv auf die Durchführung des Programms vorbereitet und in der Ausführung überwacht wurden. Es stellte sich heraus, dass die Durchführungsgenauigkeit mit der Dauer des Projekts abnahm. Hierfür konnten bestimmte Faktoren identifiziert werden (Kearns et al., 2010). In einer Studie wurde daher systematisch untersucht, inwiefern die Art und Weise der Unterstützung sowie die Durchführungsgenauigkeit Einfluss auf den Fördererfolg haben (D. Fuchs et al., 2010). Die teilnehmenden Lehrer wurden in drei Gruppen aufgeteilt: In einer Gruppe wurde die Lehrer geschult, in einer weiteren wurden die Lehrer geschult und erhielten bei Bedarf Unterstützung durch Mitarbeiter des Projekts und in einer dritten Gruppe wurde zusätzlich zur Schulung und Unterstützung bei Bedarf wöchentlich eine PALS-Einheit mit einem Mitarbeiter des Projekts vor Ort durchgeführt. Einer der wichtigsten Gründe für die Fortführung der PALS-Förderung durch die Lehrer über das Projektende hinaus, war die Wahrnehmung eines Fördererfolgs. Dabei waren diejenigen Lehrer, die wöchentlich eine Sitzung mit Mitarbeitern des Projekts zusammen durchführten, am wenigsten geneigt die Förderung fortzusetzen, da diese Lehrer sich „überkontrolliert“ vorkamen (Kearns et al., 2010). Dies wiederum führte zu einer weiteren spezifischen Untersuchung, in der sowohl universitäre als auch kollegiale Unterstützung aus dem Schulamtsbezirks von PALS-erfahrenen Kollegen angeboten wurde. Es zeigte sich weder in der Durchführungsgenauigkeit noch im Fördererfolg der Schüler ein signifikanter Gruppenunterschied zwischen den beiden Unterstützungsarten (McMaster, Han, Chaffin & Fuchs, 2013). Darüber hinaus konnten D. Fuchs et al. (2010) feststellen, dass sich der Fördererfolg der Schüler erhöht, wenn man erfahrenen PALS-Lehrern einen gewissen Freiraum in der Gestaltung des Programms lässt, sofern die Kernelemente bestehen bleiben. Die Autoren schließen daraus, dass eine intensive Unterstützung zur Implementierung notwendig ist, aber keine „Überkontrollierung“ erfolgen darf. Die Studie gibt auch erste Hinweise, dass die PALS-Fördererfolge gegenüber kleineren Abwandlungen robust sind, wenn die Kernelemente nach der Abwandlung weiterhin Bestandteil der Förderung sind. Dies könnte die Praxistauglichkeit erhöhen.

### 3.2.3 Zusammenfassung und Reflexion zu PALS

Das Programm „Peer-Assisted Learning Strategies“ (PALS) von D. Fuchs et al. (1997) beruht auf den Prinzipien von „Classwide Peer Tutoring“ (CWPT) von Delquadri et al. (1986). Mit der Kombination von Förderprogrammen „Number Words“ und PALS entstand eine konzeptuelle Förderung, die über einfache drill-and-practice Aufgaben hinausgeht. Auch die Vorbereitungszeit für die Lehrer wurde dadurch verringert. Die Kernprinzipien von PALS entsprechen dabei weitgehend den Prinzipien von CWPT, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die positiven Effekte von CWPT auch für PALS gelten. Es gibt jedoch einen grundlegenden Unterschied zwischen beiden Programmen. Die Teambildung in PALS erfolgt nicht mehr leistungshomogen, sondern leistungsheterogen, ohne dass die Leistungsunterschiede dadurch exorbitant groß wären (Mediansplit nach Vortestleistung innerhalb der Klasse, Durchnummerierung der Rangplätze in jeder Hälfte und anschließende Zusammenarbeit der

Schüler mit derselben Rangnummer). Die Effektivität des PALS-Programms konnte in zahlreichen Studien über verschiedene Alterskohorten, Dauer der Förderung und Lerninhalte hinweg bewiesen werden (Calhoon et al., 2007; D. Fuchs et al., 1997, 1997; D. Fuchs et al., 2002; D. Fuchs et al., 2010; D. Fuchs, L. S. Fuchs & A. Thompson et al., 2001; D. Fuchs, L. S. Fuchs & L. Yen et al., 2001; Kearns et al., 2010; L. S. Fuchs et al., 2001; L. S. Fuchs et al., 2002; McMaster & Fuchs, 2016; Rafdal et al., 2011; Saenz et al., 2005; Stein et al., 2008). Die berichteten Effektstärken liegen meist um 0.50. Dabei konnten sowohl Schüler mit und ohne Schwierigkeiten profitieren, obwohl es weiterhin einige Non-Responder gab. Dennoch kann bei PALS von einem effektiven Förderprogramm auch für leistungsschwache Schüler ausgegangen werden, da mehr Schüler mit Schwierigkeiten einen Lernerfolg erzielen konnten als in Kontrollklassen. Weitere Untersuchungen zur Evaluation längerfristiger Effekten über das Förderende hinaus sind zukünftig wünschenswert.

### ***3.3 Peer gestützte Förderung in Deutschland***

Die Erforschung peer-gestützter Förderung ist im deutschsprachigen Raum noch relativ jung. Daher wurde über das Suchportal PSYINDEX am 19.7.2016 eine Literaturrecherche durchgeführt mit dem Ziel peer-reviewed Artikel zu finden, in denen eine Förderung schulischer Leistungen mit peer-gestützten Methoden bei Kindergarten- oder Schulkindern quantitativ hinsichtlich der Effektivität untersucht wird. Die Suche erfolgte mit dem Suchterm „peer gestützt\* OR peer mediated OR peer tutor\* AND (kindergarten OR schule) AND (förderung OR intervention)“. So konnten 20 Treffer erzielt werden. Nach Fokussierung auf peer-reviewed Artikel und dem damit verbundenen Ausschluss von Buchkapiteln, Dissertationen und Büchern blieben 16 Artikel übrig. Nach anschließender Durchsicht der Abstracts wurden weitere Artikel ausgeschlossen, die thematisch nicht passten (z.B. ein Artikel zur Sozialisation von Ratten), keine Förderung zum Inhalt hatten (z.B. Wirkfaktoren bei Depressionen oder Peer-Beziehungen an sich) oder nicht in deutschsprachigem Gebiet durchgeführt wurden. Es blieben zwei Artikel übrig: 1) Förderung des Leseverständnisses bei Siebtklässlern (Spörer, Seuring, Schünemann & Brunstein, 2008) und 2) Festigung mathematischer Basiskompetenzen bei Grundschulern (Spörer, 2009). Ein dritter Artikel entstammt weiteren Nachforschungen zu den gefundenen Autoren (Spörer & Brunstein, 2009). Trotz umfassender Recherche konnte kein Artikel zu peer-gestützter Förderung im Kindergarten gefunden werden. Auf die oben genannten Artikel wird im weiteren Verlauf dieses Kapitels genauer eingegangen.

In einer Studie zur Leseförderung im Prä-Post-Follow-Up-Design untersuchen Spörer et al. (2008) die Einsetzbarkeit einer peer-gestützten Methode zur Steigerung des Leseverständnisses im Deutsch- und Englischunterricht. Die verwendete Methode ist angelehnt an das „Peer-assisted Learning Program“ (PALS) von D. Fuchs et al. (1997). So werden vor Beginn der eigentlichen Förderung entsprechende Verhaltensweisen für Schülerfeedback, Fehlerkorrektur und Selbstkontrolle eingeführt sowie das Belohnungssystem erklärt. In Anbetracht der hohen Schülerzahlen pro Klasse war eine

Belohnung am Ende einer jeden Sitzung zu zeitaufwendig und wurde daher nicht durchgeführt, wobei eine Belohnung über einen längeren Zeitraum eingesetzt wurde. Es wurden 74 Schüler aus verschiedenen siebten Klassen einer Gesamtschule über 19 Sitzungen hinweg in Lesestrategien für Deutsch und Englisch gefördert. Die Kontrollgruppe führte einen inhaltsgleichen normalen Schulunterricht durch. Es zeigten sich Vortestunterschiede zwischen den Gruppen, so dass diese Kompetenzen als Kovariaten in die weiteren Analysen eingingen. Zum Posttest zeigte sich im Leseverständnis ein signifikanter Unterschied zwischen den Bedingungen, wobei die Experimentalgruppe mit PALS-Englisch besser als die Kontrollgruppe ( $d = 0.45$ ) und die Experimentalgruppe mit PALS-Deutsch sowohl besser als PALS-Englisch ( $d = 0.79$ ) als auch besser als die Kontrollgruppe abschnitten ( $d = 1.06$ ). Auch beim Follow-Up sechs Wochen nach Trainingsende konnte dieser Effekt gefunden werden. Schüler der Experimentalgruppe PALS-Englisch erzielten bessere Leistungen als die Kontrollgruppe ( $d = 0.64$ ). Die Leistung der Experimentalgruppe PALS-Deutsch übertraf die Leistung der Schüler in PALS-Englisch ( $d = 0.72$ ) und der Kontrollgruppenschüler ( $d = 1.19$ ) (Spörer et al., 2008). Somit zeigen sich mittlere bis hohe Effektstärken für eine peer-gestützte Förderung. Kritisch ist allerdings anzumerken, dass in beiden Experimentalgruppen peer-gestützte Förderung verwendet wurde. Somit fehlt ein Vergleich zu einer Leseförderung mit selbem Inhalt und anderer Methodik. Der Fördererfolg kann nicht zweifelsfrei auf die Verwendung von peer-gestützter Förderung zurückgeführt werden, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass die vermittelten Lesestrategien den Fördererfolg hervorgerufen haben. Außerdem waren die Teilnehmerzahlen pro Bedingung recht klein. Positiv ist hervorzuheben, dass eine Follow-Up-Untersuchung durchgeführt wurde, die den langfristigen Erfolg der Förderung belegt.

In einer weiteren Studie zur Förderung des Leseverständnisses rekrutierten Spörer & Brunstein (2009) 186 Siebtklässler in drei Gesamtschulen einer mittelgroßen deutschen Stadt. Die Förderung fand mit einer an PALS angelehnten Methode in 17 Deutschstunden auf drei Wochen verteilt statt und wurde von Lehrern selbst nach einer Schulung mit ausgehändigtem Manual durchgeführt. Die Förderung hatte zum Ziel den Einsatz von Strategien und das Wissen über Lesestrategien zu steigern, ein besseres Verständnis für selbst-regulierte Leseaktivitäten zu erzielen und Texte besser zusammenfassen zu können. Außerdem wurden die Lehrer der Experimentalgruppe im Anschluss an die Förderung über die Tauglichkeit der Methode im Schulalltag befragt. In der Kontrollgruppe wurde konventioneller Deutschunterricht mit inhaltlichem Schwerpunkt auf Lesestrategien durchgeführt. Durch eine im Anschluss an die Projektphase durchgeführte Befragung der Kontrollgruppenlehrer konnte festgestellt werden, dass in der Kontrollgruppe keine peer-gestützten Leseaktivitäten durchgeführt wurden. Zum Nachtest fand sich ein signifikanter Effekt zugunsten der PALS-Förderung für die Erstellung von Zusammenfassungen sowohl in einem von den Autoren selbstentwickelten als auch in einem standardisierten Test (selbstentwickelt:  $d = 0.51$ ; standardisiert:  $d = 0.31$ ). Auch in der Qualität der Zusammenfassungen ( $d = 0.34$ ), im Wissen über Lesestrategien ( $d = 0.45$ ) und im Verständnis für selbst-

regulierte Leseaktivitäten ( $d = 0.48$ ) konnte die PALS-Förderung die Leistungen der Kontrollgruppe übertreffen. Die vier Lehrer der PALS-Förderung gaben ein überwiegend positives Feedback zur Methode ( $M = 3.9$ ,  $SD = 0.60$  bei einer fünfstufigen Skala). Die Effektstärken im niedrigen bis mittleren Bereich sprechen für die Effektivität von PALS im Alltagsunterricht (Spörer & Brunstein, 2009).

Die einzige Studie zu peer-gestützter Förderung mathematischer Kompetenzen führte Spörer (2009) durch. Es wurde das PALS-Programm (L. S. Fuchs et al., 2002) verkürzt und in einer zweiten Klasse zur Wiederholung basaler Rechenkompetenzen für neun Schulstunden eingesetzt. Die Förderung dauerte drei Wochen und fand in den Mathematikstunden statt. Insgesamt nahmen 39 Schüler aus zwei zweiten Klassen einer Grundschule teil. Eine Klasse erhielt die PALS-Förderung während in der anderen Klasse dieselben Materialien in Individualarbeit durchgeführt wurden. So konnte nicht nur ein möglicher Fördereffekt der PALS-Methode auf die Mathematikleistung, sondern auch auf das Klassenklima und die soziale Integration der Schüler untersucht werden. Zur Analyse der Fördererfolge wurden multivariate Varianzanalysen mit zweifachgestuften Zwischensubjektfaktor „PALS vs. KG“, und zweifachgestuften Zwischensubjektfaktor „Leistungsstarke vs. Leistungsschwache im Vortest“ und dreifachgestuften Innersubjektfaktor „Prätest, Posttest, Follow-Up“ durchgeführt. Es zeigten sich keine Vortestunterschiede in den abhängigen Variablen, außer der gewollten Differenz zwischen Schülern mit hohem und Schülern mit niedrigem Ausgangsniveau. Zum Nachtest zeigte sich im Fördererfolg mathematischer Kompetenzen kein signifikanter Unterschied zwischen Trainings- und Kontrollgruppe. Der Mittelwertvergleich zeigt über alle Kinder hinweg und unabhängig von PALS oder KG kleine Effektstärken zwischen  $d = 0.39$  bis  $d = 0.49$  über die Zeit. Die Analyse für die Leistungsgruppen zeigt, dass insbesondere die Leistungsschwachen von der Wiederholung mit PALS kurzfristig (PALS:  $d = 1.87$ , KG:  $d = 1.70$ ) und langfristig (PALS:  $2.00$ , KG:  $1.41$ ) über die Zeit hinweg aber nicht im Vergleich zur Kontrollgruppe profitieren, während die Entwicklung der Leistungsstarken stagniert (kurzfristig: PALS:  $d = 0.11$ , KG:  $d = 0.43$ ; langfristig: PALS:  $-0.09$ , KG:  $0.57$ ) (Spörer, 2009). Das Klassenklima veränderte sich den Angaben der Schüler zu Folge nur in der Kontrollgruppe und zwar negativ (Nachtest:  $d = -0.32$ , Follow-Up:  $d = -0.65$ ). Die soziale Integration veränderte sich dagegen nur in der PALS-Gruppe langfristig positiv (PALS: alle Schüler:  $d = 0.85$ ; KG alle Schüler:  $d = -0.21$ ). Die Autorin führt den ausbleibenden Trainingseffekt bei leistungsstarken Schülern auf Deckeneffekte im standardisierten Mathematiktest zurück. Sie kommt zu dem Schluss, dass sowohl die Wiederholungen mit PALS und in Einzelförderung insbesondere für die leistungsschwachen Schüler einen hohen Effekt erzielten, der mit 10 T-Wert Punkten in der PALS-Gruppe 4,5 Punkte höher ausfiel als in der Einzelförderung (5,5 T-Wert Punkte) (Spörer, 2009). Um die Aussagen der Studie auf eine bessere Basis zu stellen, wäre ein Vergleich mit einer Kontrollgruppe mit anderen Materialien zum selben Inhalt hilfreich gewesen., um eine differenzierte Betrachtung von Fördermethode und Fördermaterial vornehmen zu können. Positiv hervorzuheben ist, dass für theoretisch absehbare Erfolge im Sozialverhalten der Schüler nun ein erster statistisch evidenter Hinweis vorliegt. Vor dem

Hintergrund der kleinen Stichprobenumfänge, insbesondere in den Leistungsgruppen (leistungsstark:  $n = 28$  und leistungsschwach:  $n = 11$ ), ist eine Verallgemeinerbarkeit der Aussagen fraglich und es bedarf weiterer Forschung.

In der Ergebniszusammenschau der Arbeiten von Spörer und Kollegen ergeben sich erste Belege, dass peer-gestützte Förderung auch in Deutschland nutzbringend eingesetzt werden kann und eine Möglichkeit im Umgang mit dem breiten Spektrum an Leistungsständen innerhalb einer Klasse darstellt. So konnten die Autoren mittlere bis hohe Effektstärken unabhängig der trainierten Schulleistung finden, die sogar langfristig bestehen blieben. Dabei zeigte sich peer-gestützte Förderung sowohl in Grundschulen als auch in Gesamtschulen effektiv. Zusätzlich gaben die Lehrer gutes Feedback zur praktischen Anwendung der Methode im Schulunterricht. Außerdem zeigten sich positive Nebeneffekte auf das Klassenklima. Kritisch ist anzumerken, dass die Studien nicht immer so aufgebaut waren, als dass der Lernerfolg losgelöst vom verwendeten Material eindeutig auf die eingesetzte Methode zurückzuführen ist. Außerdem waren die Stichproben relativ klein, so dass eine Verallgemeinerbarkeit der Aussagen als fraglich zu bewerten ist. Die Literaturrecherche zu quantitativer Forschung über kurz- und langfristige Effekte peer-gestützter Förderung bei deutschen Kindergartenkindern führte zu keinem Treffer. Diese ersten Hinweise auf eine erfolgreiche peer-gestützte Förderung in deutschen Schulen bei gleichzeitigem Fehlen der Erforschung dieser Methode im Kindergartenalter zeigt einen dringenden Forschungsbedarf auf.

### ***3.4 Meta-Analysen zu peer-gestützter Förderung***

Wie in den vorausgehenden Kapiteln an einzelnen Studien bereits aufgezeigt, zeigt sich peer-gestützte Förderung als eine effektive Methode, um eine Vielzahl verschiedener Leistungsniveaus innerhalb einer Klasse effektiv zu fördern. Interessant scheint nun zu sein, ob sich diese Effekte nur in den oben beschriebenen Studien finden, oder ob es Studien mit verallgemeinerbaren Aussagen dazu gibt. Dazu ist ein Blick in Meta-Analysen interessant. So wird in diesem Kapitel zunächst anhand verschiedener Meta-Analysen die Effektivität verschiedener Methoden bei Schülern mit Lernschwierigkeiten dargestellt. Anschließend wird die Meta-Analyse von Rohrbeck et al. (2003) beschrieben, da sich diese mit der Effektivität peer-gestützter Förderung bei allen Schülern beschäftigt.

Grünke (2006) erstellt einen Überblick über wirksame Fördermethoden für Schüler mit Lernstörungen. Als eine dieser effektiven Methoden kann er tutorielle Methoden identifizieren. Belege für diese Aussage sind in den Meta-Analysen von Baker, Gersten & Lee (2002), Gersten & Baker (2001), Cook, Scruggs, Mastropieri & Casto (1986), Elbaum, Vaughn, Hughes & Moody (1999) und Kroesbergen & van Luit, J. E. H. (2003) zu finden. Alle Studien zeigen unabhängig von der geförderten schulischen Kompetenz gewichtete Effektstärken im Bereich von  $ES = 0.80$  und somit im guten mittleren Bereich. Dabei zeigen sich kaum Unterschiede zwischen Förderung im schriftsprachlichen Bereich oder in mathematischen Kompetenzen. Insbesondere in der Meta-Analyse zur Effektivität

verschiedener Methoden zur Förderung mathematischer Kompetenzen bei Förderschülern von Kroesbergen & van Luit, J. E. H. (2003) wurde aber auch festgestellt, dass „direct-instruction“ und „self-instruction“ effektivere Methoden zur Förderung sind als zum Beispiel peer-gestützte Förderung. Der positive Effekt von „direct-instruction“ konnte von Chodura, Kuhn & Holling (2015) in einer Meta-Analyse über Interventionen bei Kindern mit Schwierigkeiten in Mathematik bestätigt werden.

Eine der umfangreichsten Meta-Analysen zu peer-gestützter Förderung legten Rohrbeck et al. (2003) vor. Sie untersuchten 90 Studien mit Interventionen in Grundschulen und fanden eine Effektstärke von  $ES = 0.59$  für peer-gestützte Förderung. Höhere Effektstärken zeigten sich bei jüngeren Schülern, bei Schülern aus städtischen Regionen, bei Schülern, deren Elternhäuser niedrige Einkommen aufwiesen oder einer ethnischen Minderheit angehörten. In Studien mit implementiertem Wettstreit zwischen Schülern, mit fortlaufender Lernverlaufsdiagnostik und mit hohem Mitgestaltungsrecht der Lehrer zeigten sich höhere Effektstärken als ermittelte Effektstärke über alle Studien hinweg.

Eine weitere Meta-Analyse zu peer-gestützter Förderung bei Kindern zwischen fünf und zwölf Jahren führten Shenderovich, Thurston & Miller (2016) durch. Sie analysierten 15 Studien mit mindestens zwölfwöchiger Förderung, wobei unterschiedliche Schulleistungen in der Studie berücksichtigt wurden. Es wurden nur Studien berücksichtigt, in denen Tutor und Tutee unterschiedlich alt waren, also z.B. nicht einer Klassenstufe angehörten. Es zeigten sich niedrige Effektstärken für die Förderung des Tutees in bestimmten Lesekompetenzen (z.B. Dekodieren und Zusammenfassung von Gelesenem). Für die Förderung mathematischer Kompetenzen mit altersunterschiedlichen Peer-Tandems ergaben sich keine signifikanten Effekte. Eine Auswertung für Kindergartenkinder nahmen die Autoren nicht vor.

Außer in der Studie von Kroesbergen & van Luit, J. E. H. (2003) wurden in den beschriebenen Meta-Analysen ausschließlich Studien aus Schulen verwendet. Aber auch Kroesbergen & van Luit, J. E. H. (2003) führen keine gesonderte Auswertung für Studien mit Kindergartenkindern durch. Sie kommen vielmehr zu dem allgemeinen Schluss -anders als im Regelschulbereich-, dass die Förderung bei älteren Schülern mit sonderpädagogischem Förderbedarf erfolgreicher ist als bei jüngeren (Range des Alters in dieser Studie: 5 – 12 Jahre). Obwohl „direct-instruction“ und „self-instruction“ die effektivsten Vermittlungsmethoden zu sein scheinen, kann diese Aussage nicht auf die Förderung von Vorläuferkompetenzen verallgemeinert werden. Denn für eine entsprechende Analyse war die Anzahl passender Studien zu gering (Kroesbergen & van Luit, J. E. H., 2003).

In allen Meta-Analysen zeigen sich signifikante Effekte für peer-gestützte Förderung, sofern nicht altersheterogene Teams gebildet werden, und obwohl zum Beispiel mit „direct-instruction“ höhere Effektstärken erzielt werden können. Die Förderung scheint insbesondere bei Schülern mit Lernschwierigkeiten höhere Effekte zu erzielen als bei Regelschülern. Die innerhalb der Methode der peer-gestützten Förderung zu treffenden Entscheidungen, z.B. zur Tandembildung, nehmen

möglicherweise entscheidenden Einfluss auf den Fördererfolg (Shenderovich et al., 2016). Zur Förderung mathematischer Kompetenzen liegen unterschiedliche Ergebnisse vor. Während die meisten Studien Fördererfolge auch in diesen Kompetenzen berichten, berichtet die Studie von Shenderovich et al. (2016) keinen Fördereffekt. Es zeigen sich stärkere Effekte beim Training basaler Rechenfertigkeiten als beim Aufbau von Vorläuferkompetenzen (Kroesbergen & van Luit, J. E. H., 2003). Verschieden alte Schüler scheinen unterschiedlich von peer-gestützter Förderung zu profitieren; auch hinsichtlich des Schultyps, den sie besuchen. Während für Schüler der Regelschulen ein junges Alter für hohen Lernerfolg spricht, profitieren eher ältere Förderschüler von peer-gestützter Förderung (Kroesbergen & van Luit, J. E. H., 2003; Rohrbeck et al., 2003). Die Autoren aller Metaanalysen beklagen, dass in vielen Studien qualitative Standards bei Durchführung und Evaluation der Förderung nicht eingehalten wurden (z.B. fehlende Kontrollgruppe), die enormen Einfluss auf die berichtete Effektstärke haben können. Studien, bei denen solche Mängel vorlagen, wurden in der Meta-Analyse nicht berücksichtigt (Chodura et al., 2015; Kroesbergen & van Luit, J. E. H., 2003; Rohrbeck et al., 2003; Shenderovich et al., 2016). Abschließend zeigt sich, dass Studien zur Evaluation peer-gestützter Förderung im Kindergartenalter mit dem Ziel der Beurteilung von Effektivität und Nachhaltigkeit dieser Methode bei Kindergartenkindern fehlen.

### ***3.5 Zusammenfassung zu peer-gestützter Förderung***

Ausgangslage für die Wiederentdeckung peer-gestützter Förderung waren die Änderung der Kriterien guten Unterrichts (Berliner, 1988) und die Veränderungen im Schulsystem hin zu einer integrativen bzw. inklusiven Beschulung. Bedingt dadurch verbreiterte sich das Leistungsspektrum innerhalb einer Klasse. Einen ersten erfolgreichen Ansatz haben Greenwood und Kollegen (Carta et al., 1987) mit ihrem „Classwide Peer Tutoring“ Programm publiziert. Dieser erfüllte die meisten Kriterien guten Unterrichts und lies Schüler in einem dyadischen System zusammenarbeiten. Das Programm enthielt nur die detaillierte Beschreibung der Lehrmethode aber keine Unterrichtsmaterialien, was es einerseits flexibel für den Einsatz in verschiedenen Kompetenzbereichen machte, aber auch zu einer hohen Varianz in der Qualität der Unterrichtsmaterialien führte, so dass ein Fördererfolg nicht immer eindeutig auf die verwendete Methode zurückgeführt werden konnte. Außerdem fokussierte CWPT so eher auf drill-and-practice-Formaten und weniger auf die Vermittlung von konzeptuellem Wissen. Die durchgeführten quantitativen Analysen und die berichteten Effektstärken im mittleren Bereich ermunterten zur weiteren Erforschung dieser Methode. So nahmen sich Lynn S. Fuchs und Doug Fuchs mit ihren Kollegen diesen Herausforderungen an und entwickelten das Programm „Peer-assisted Learning System (PALS)“ (D. Fuchs et al., 1997). Es enthielt neben einer genauen Beschreibung der Methode und der Zusammensetzung von Lerntandems auch Materialien, die durch Adaption und geringfügigen Veränderungen bestehender Programme zur Vermittlung konzeptuellen Wissen entwickelt wurden. Zusätzlich entwickelte die Arbeitsgruppe eigene Materialien, die die Vermittlung von konzeptuellem Wissen zum Lesen unterstützen sollten. Ein weiterer Unterschied zwischen PALS



und CWPT besteht in der Zusammensetzung der Lerntandems. Während in CWPT leistungshomogene Lerntandems gebildet wurden, arbeiten in PALS leistungsheterogene Lerntandems zusammen. Das PALS-Programm ist sowohl bei Kindergartenkindern als auch bei Schulkindern unterschiedlicher Klassenstufen sowie über verschiedene Kompetenzbereiche hinweg positiv evaluiert, kann gut in den Alltagsunterricht implementiert werden und scheint ersten Forschungen zufolge auch robust gegenüber Anpassungen für den Alltagsunterricht zu sein (Calhoon et al., 2007; D. Fuchs et al., 1997; D. Fuchs et al., 2010; D. Fuchs, L. S. Fuchs & A. Thompson et al., 2001; D. Fuchs, L. S. Fuchs & L. Yen et al., 2001; Fuchs et al., 2005; Kearns et al., 2010; L. S. Fuchs et al., 1997; L. S. Fuchs et al., 2001; L. S. Fuchs et al., 2002; Mathes & Fuchs, 1993; McMaster & Fuchs, 2016; Rafdal et al., 2011; Saenz et al., 2005; Stein et al., 2008). Meist wurden mittlere Effektstärken gefunden, was im Einklang mit Ergebnissen aus Meta-Analysen zu peer-gestützter Förderung steht (Cohen et al., 1982; Gersten & Baker, 2001; Kroesbergen & van Luit, J. E. H., 2003; Rohrbeck et al., 2003; Shenderovich et al., 2016). In Deutschland ist die Erforschung peer-gestützter Förderung noch recht jung, was sich unter anderem in der sehr kleinen Artikelanzahl in peer-reviewed Journals zeigt und keine Publikation über eine quantitative Analyse zum Einsatz peer-gestützter Förderung bei Kindergartenkindern vorliegt. Dennoch konnten Spörer und Kollegen erste Nachweise für die Effektivität und Nachhaltigkeit der Methode bei Grundschulern in der Wiederholung von basalen mathematischen Kompetenzen und bei Gesamtschülern in der Vermittlung von Lesestrategien erbringen (Spörer et al., 2008; Spörer, 2009; Spörer & Brunstein, 2009). Auch sie fanden überwiegend Effekte in der Vermittlung schulfachlicher Kompetenzen. Neu war, dass sie einen Erfolg der Methode auf das Klassenklima messen konnten. Kritisch ist jedoch anzumerken, dass die Stichproben recht klein waren und durch die Auswahl von Alternativtraining und Kontrollgruppe nicht immer ein eindeutiger Nachweis für die Effektivität der Methode unabhängig vom eingesetzten Material erbracht werden konnte. Somit bleibt Raum für weitere Forschung über peer-gestützte Förderung in Deutschland. International fehlen Aussagen dazu, ob eine peer-gestützte Förderung mathematischer Vorläuferkompetenzen positive Auswirkungen auf den späteren Rechenerwerb hat. Außerdem konnten verschiedene Studien Faktoren identifizieren, die den Erwerb mathematischer Kompetenzen beeinflussen können (vgl. Kapitel 1). Bislang fehlen Studien die Zusammenhänge zwischen diesen Faktoren und dem Fördererfolg in peer-gestützter Förderung untersuchen. Für die Zusammenarbeit der beiden Partner ist zudem denkbar, dass die Leistungsdifferenzen zwischen den Lernpartnern oder die Leistungsausprägung des anderen Lernpartners Einfluss auf die „eigene“ Entwicklung nimmt. Konkret bedeutet dies, dass jemand, der einen großen Wissensvorsprung z.B. in mathematischen Kompetenzen gegenüber seinem Lernpartner hat, besser erklären kann, als jemand der auf einem ähnlichen Leistungsstand steht wie sein Lernpartner; oder dass jemand, der einen hohen Sprachentwicklungsstand hat, mit besseren sprachlichen Mitteln erklären kann, als jemand, der einen niedrigen Sprachentwicklungsstand aufweist. Ebenso könnte ein niedriger Entwicklungsstand das Fortkommen eines besseren Kindes einbremsen, da sich das bessere Kind nicht mit Inhalten der nächsten Entwicklungsstufe beschäftigen kann.

## 4 Fragestellung

In den vorherigen Kapiteln konnte gezeigt werden, dass mit den Kompetenzen, die im Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung (ZGV-Modell; Krajewski, 2007) beschrieben werden, wichtige Vorläuferfertigkeiten gefunden wurden. Sie haben enormen Einfluss auf die erfolgreiche Entwicklung von Rechenfertigkeiten, die über den Einfluss allgemeiner kognitiver Leistungen hinausgeht (s. Kapitel 1.3). Mit dem ZGV-Modell wurden die Kompetenzen in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht, die als Grundlage für eine entwicklungslogische Förderung mathematischer Vorläuferkompetenzen genutzt werden kann. Mit dem Förderprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ (MZZ; Krajewski et al., 2007) liegt ein Programm vor, das in der Konzeption der Entwicklungslogik des ZGV-Modells folgt. Neben diesem Programm existieren in Deutschland einige andere Förderprogramme, die mathematische Vorläuferkompetenzen im Vorschulalter trainieren. Wie jedoch in Kapitel 2 gezeigt werden konnte, haben diese Programme allerdings Nachteile. Ihnen fehlt bislang der Nachweis über einen inhaltspezifischen Fördererfolg oder die Evaluationen weisen qualitative Mängel auf (z.B. Fehlen eines Alternativtrainings) oder sind nicht entwicklungslogisch oder sind nicht ressourcenorientiert konzipiert. Die meisten Studien berichten dennoch von mittleren korrigierten Effektstärken und damit einen bedeutsamen Fördererfolg. Für das MZZ konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass es systematisch, entwicklungsorientiert und inhaltspezifisch mathematische Vorläuferkompetenzen trainiert und für verschiedene Einsatzbereiche erfolgreich evaluiert wurde (s. Kapitel 2.2.6). Im Sinne einer frühzeitigen Intervention hat sich dieses Förderprogramm als primärpräventiv wirksam erwiesen. Außerdem gibt es erste Hinweise darauf, dass den geförderten Kindern ein Transfer der geförderten Vorläuferkompetenzen auf Rechenkompetenzen gelingt. Für die vorliegende Studie zur primärpräventiven Förderung sind diese Eigenschaften besonders wichtig. Daher wurde das MZZ für diese Studie gewählt und an die Bedürfnisse peer-gestützter Förderung angepasst.

Die Forschung über peer-gestützte Förderung hat zeigen können, dass nicht nur schwache Schüler von der Methode profitieren. Auch für starke Schüler konnte ein bedeutsamer Lernfortschritt gemessen werden. Die meisten Studien wurden jedoch bei Kindern nach Schuleintritt in den USA durchgeführt. In Deutschland liegen nur sehr wenige Studien zu dieser Methode vor. Nur eine davon förderte mathematische Kompetenzen bei Grundschulkindern. Keine deutsche Studie hat den Einsatz peer-gestützter Förderung mathematischer Vorläuferfertigkeiten bei Vorschulkindern untersucht. Eine Studie aus den USA zeigte jedoch den erfolgreichen Einsatz von peer-gestützter Förderung mathematischer Inhalte bei Kindergartenkindern (L. S. Fuchs et al., 2001; s. auch Kapitel 3.2.2). Untersuchungen zur Nachhaltigkeit und zu Transfereffekten einer solchen Förderung auf Rechenfertigkeiten fehlen bislang international. Ebenso wurde bislang nicht überprüft, ob der Mediansplit in der inhaltspezifischen Vortestleistung ein geeignetes Kriterium zur Tandembildung ist oder ob sich weitere Kriterien in unspezifischen Faktoren finden lassen. So könnten z.B. Faktoren wie

die Arbeitsgedächtnisleistung oder der Sprachentwicklungsstand des Tutanden Einfluss auf die Entwicklung des Tutees haben. Auch könnten beispielsweise Verhaltensweisen (z.B. OnTask- oder OffTask-Verhalten) des Tutees auf die Entwicklung des Tutanden wirken. Daher werden solche Einflüsse in dieser Studie untersucht.

Bezugnehmend auf die dargestellte Forschungslage wird mit dieser Studie erstmalig in Deutschland untersucht, ob eine peer-gestützte Förderung mathematischer Vorläuferkompetenzen bei Vorschülern wirksam ist und ob durch peer-gestützte Förderung ein höherer Fördererfolg erzielt werden kann, als dies bislang durch lehrerzentrierte Förderung erreicht werden konnte. Dazu werden kurz- und langfristige Effekte der folgenden drei Untersuchungsgruppen verglichen: peer-gestützte Förderung, kleingruppen-orientierte Förderung und Kontrollgruppe ohne spezifische Förderung. Die beiden Untersuchungsgruppen mit Förderung verwenden dasselbe inhaltliche Programm und unterscheiden sich nur in der durchgeführten Methodik. Somit kann ein Zuwendungseffekt kontrolliert werden und eine Aussage dazu getroffen werden, ob peer-gestützte Förderung einen höheren Fördererfolg erzielt als eine zum selben Inhalt und mit demselben „Material“ geförderte Untersuchungsgruppe. Darüber hinaus wird untersucht, wie die Durchführungsqualität ausgefallen ist, um erste Anhaltspunkte für die Implementierbarkeit peer-gestützter Förderung in die Praxis zu erhalten. Da bei peer-gestützter Förderung immer zwei Kinder zusammenarbeiten, könnte es möglich sein, dass die Leistungsdifferenz zwischen den Lernpartnern für den Fördererfolg entscheidend sein könnte. Ebenso könnte die Leistungsausprägung des Lernpartners Einfluss auf die eigene Lernleistung haben. Diese Einflüsse wurden international bislang nicht für eine peer-gestützte Förderung mathematischer Kompetenzen untersucht und sollen in dieser Studie für spezifische und unspezifische Einflussfaktoren auf die Entwicklung mathematischer Kompetenzen untersucht werden.

Daraus ergeben sich folgende Untersuchungsfragen und Hypothesen:

- 1) *Ist eine peer-gestützte Förderung mathematischer Vorläuferkompetenzen mit einer angepassten Version des Förderprogramms MZZ im Vergleich zu einer kleingruppenorientierten Durchführung des MZZ und im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die ihr übliches Vorschulprogramm durchläuft, unter Berücksichtigung des Leistungsstandes zu Beginn der Studie in spezifischen und unspezifischen Einflussfaktoren der Mathematikentwicklung kurz- und langfristig wirksam?*
  - a) Kurzfristige inhaltsspezifische Fördererfolge zeigen sich für...
    - (i) die peer-gestützte Förderung,
    - (ii) die kleingruppenorientierte Förderung,
    - (iii) wobei die peer-gestützte Förderung kurzfristig einen höheren Fördererfolg als die kleingruppenorientierte Förderung erzielt.
  - b) Langfristige inhaltsspezifische Fördererfolge zeigen sich für...

## Fragestellung

- (i) die peer-gestützte Förderung,
  - (ii) die kleingruppenorientierte Förderung,
  - (iii) wobei die peer-gestützte Förderung langfristig einen höheren Fördererfolg als die kleingruppenorientierte Förderung erzielt.
- c) Es wird überprüft, ob der kurzfristige und langfristige Fördererfolg unabhängig von der Förderpersonenart (Student oder Erzieher) ist.
- d) In der peer-gestützten Förderung profitieren beide Rollen (Trainer und Sportler) von der Förderung.
- e) Beide Fördermethoden können die Anzahl an Risikokindern verringern, die von der Entwicklung einer Rechenschwäche bedroht sind.
- 2) *Zeigen sich inhaltsnahe oder inhaltsferne Transfereffekte?*
- a) Peer-gestützte Förderung erzielt einen inhaltsnahen Transfereffekt auf Rechenkompetenzen.
  - b) Peer-gestützte Förderung erzielt keinen inhaltsfernen Transfereffekt.
  - c) Kleingruppenorientierte Förderung erzielt einen inhaltsnahen Transfereffekt auf Rechenkompetenzen.
  - d) Kleingruppenorientierte Förderung erzielt keinen inhaltsfernen Transfereffekt.
  - e) Der Transfereffekt ist unabhängig von der Förderpersonenart.
- 3) *Welche Unterschiede zeigen sich in der Verhaltensbeobachtung zwischen der peer-gestützten Förderung und der kleingruppenorientierten Förderung?*
- a) In peer-gestützter Förderung zeigen Kinder häufiger On-Task-Verhalten als Kinder der kleingruppenorientierten Förderung.
  - b) In peer-gestützter Förderung zeigen Kinder weniger Off-Task-Verhalten als Kinder der kleingruppenorientierten Förderung.
- 4) *Welche Faktoren moderieren den Fördererfolg peer-gestützter Förderung früher mathematischer Kompetenzen? Untersucht werden der Einfluss von Leistungsdifferenzen zwischen den Lernpartnern oder der Leistungsausprägung des Lernpartners auf den Fördererfolg beider Rollen sowie die Einflüsse spezifischer und unspezifischer Einflussfaktoren auf den Fördererfolg innerhalb einer Rolle (s. Abbildung 4).*
- a) Unspezifische Einflussfaktoren (z.B. Intelligenz, Arbeitsgedächtnisleistung) und spezifische Vorläuferfertigkeiten (Vortestergebnis mathematischer Fertigkeiten) moderieren die Leistungsentwicklung der beiden Rollen im peergestützten Training.
  - b) Der Fördererfolg der einen Rolle wird von der Leistungsausprägung der anderen Rolle moderiert (s. Abbildung 4).
  - c) Der Fördererfolg der einen Rolle wird von der Leistungsdifferenz zwischen den beiden Rollen eines Lerntandems moderiert (s. Abbildung 4).

# Fragestellung

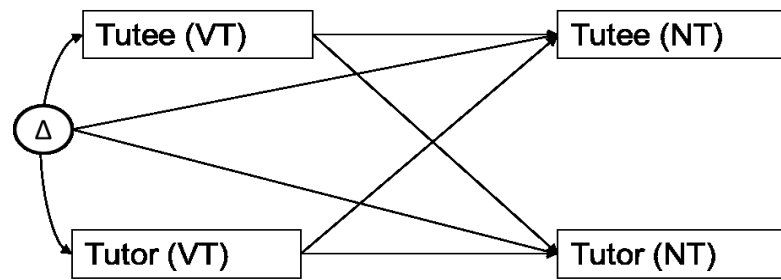


Abbildung 4: Modell der verschiedenen Einflüsse auf die Leistungsentwicklung in peer-gestützter Förderung (ähnlich Müller, Richter, Krizan, Hecht & Ennemoser, 2015)

## 5 Methodik

Nachfolgend wird die Methodik dieser Studie beschrieben. Dazu wird zunächst der Versuchsplan und Stichprobe vorgestellt. Anschließend werden die Untersuchungsgruppen und ihre Förderung beschrieben. Darauf folgt die Vorstellung der eingesetzten Messverfahren. Das Kapitel schließt mit der Beschreibung der eingesetzten statistischen Verfahren.

### 5.1 Versuchsplan

Die vorgelegte Studie<sup>6</sup> hatte zum Ziel eine peer-gestützte Förderung mathematischer Basiskompetenzen zu evaluieren. Die Evaluation peer-gestützten Lernens erfolgte dabei in einem Vor-Nachtest-Follow-Up-Design mit drei Gruppen. Um Zuwendungseffekte kontrollieren zu können, erhielten zwei Gruppen eine Förderung mit dem gleichen Inhalt jedoch unterschiedlicher

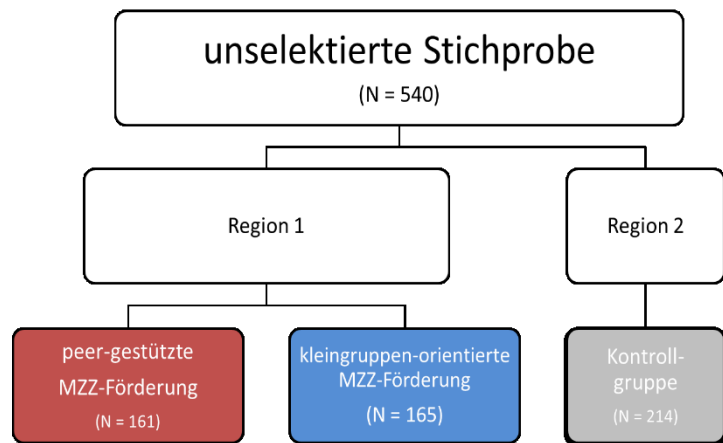


Abbildung 5: Gruppeneinteilung im Kindergarten

Fördermethode. In der einen Gruppe wurde die Förderung mit einer peer-gestützten Methode durchgeführt, in der anderen Gruppe mit einer kleingruppen-orientierten Methode. Eine Kontrollgruppe, die keine Förderung durch das Projekt erhielt, vervollständigte das Untersuchungsdesign. Durch dieses Vorgehen war es möglich Zuwendungseffekte zu kontrollieren und den Fördererfolg im Vergleich zur natürlichen Entwicklung zu untersuchen. Es nahmen ausschließlich Kinder im letzten Kindergartenjahr an der Studie teil.

In dieser Studie musste eine regional-räumliche Trennung aus folgenden Gründen vorgenommen werden: Erstens wird in einem weiteren Teil der Studie peer-gestützte und kleingruppen-orientierte Förderung mathematischer Kompetenzen bei Schülern zu Beginn der ersten Klasse im Kontrast zu einer Kontrollgruppe untersucht. Es galt also zu vermeiden, dass Kinder sowohl im Kindergarten als auch in der Schule die Förderung erhielten. Zweitens startete zum selben Zeitpunkt wie die vorliegende Studie eine Studie zur Untersuchung von Einflussfaktoren auf die natürliche Entwicklung früher mathematischer Kompetenzen, die mit einem Jahr jüngeren Kindern als in dieser Studie begann (s. Simanowski, 2014). Es musste also vermieden werden, dass Einrichtungen, an beiden Studien teilnahmen, damit die natürliche Entwicklung ohne inhaltspezifische Förderung abgebildet werden konnte. Drittens ermöglichte die regionalräumliche Trennung die Unterbindung von

<sup>6</sup> Förderkennzeichen 01GJ1005, Leitung: Prof. Dr. Marco Ennemoser und Prof. Dr. Kristin Krajewski

Wissenstransfer über effektive Förderung mathematischer Kompetenzen zwischen den Einrichtungen. Da alle Einrichtungen in einem Ort untereinander im Kontakt standen, wäre es denkbar gewesen, dass sie sich über die Studienteilnahme austauschen. Dies hätte zu einem ungewollten Austausch zwischen Einrichtung der kleingruppen-orientierten und der peer-gestützten Förderung geführt, der es ermöglicht hätte, dass Elemente der jeweils anderen Fördermethode eingesetzt worden wären, so dass nicht mehr von einem „reinen“ kleingruppen-orientierten oder peer-gestützten Training hätte ausgegangen werden können. Ein ungewollter Austausch zwischen Trainingsgruppen und Kontrollgruppe galt es ebenfalls zu vermeiden, um ein inhaltspezifischen Training in der Kontrollgruppe zu vermeiden.

Zur Rekrutierung der Stichprobe wurde den teilnehmenden Einrichtungen ein Vordruck zur Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten zugeschickt. Diese sollten an alle Eltern verteilt werden, deren Kinder voraussichtlich im Sommer 2011 eingeschult werden. Erst als der Einverständniserücklauf überwiegend abgeschlossen war, begann Ende November 2010 die Vortestphase. Sie dauerte bis Ende Februar 2011.

Während der Vortestphase wurden die Erzieher und Studenten, die eine Förderung übernahmen, von Mitarbeitern des Projekts geschult. Dabei wurde ihnen der Umgang mit dem Förderprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski et al., 2007), die jeweilige Fördermethode (kleingruppen-orientiert oder peer-gestützt) sowie Informationen zum theoretischen Hintergrund vermittelt. Die Schulung war spezifisch für die jeweilige Fördermethode, so dass die Fördergruppenleiter keinen Einblick in die jeweils andere Fördermethode bekamen. So konnte das Risiko einer Vermischung der Methoden während der Anwendung geringgehalten werden. Die Schulung dauerte circa 90 Minuten. Die Erzieher und Studenten bekamen bereits zu diesem Zeitpunkt das Fördermaterial ausgehändigt. Nach Ende der Schulung dauerte es 5 bis 40 Tage bis die Förderung im Februar 2011 begann. Die Förderphase beinhaltete die Durchführung von insgesamt 24 vorgefertigten und in einem Manual beschriebener Sitzungen. Es sollten immer drei Sitzungen pro Woche über einen Zeitraum von acht Wochen durchgeführt werden, so dass die Sitzungen gut in den Kindergartenalltag zu implementieren waren. Die Nachtestung begann unmittelbar nach der Förderphase in der zweiten Aprilwoche 2011 und endete im Mai 2011. Vereinzelt wurden Testungen mit Kindern in der ersten Junihälfte nachgeholt, die zum ursprünglichen Termin erkrankt waren. Die eingesetzten Testverfahren waren nahezu identisch mit denen der Vortestung. Es wurden zu beiden Messzeitpunkten Aufgaben zu Mengen-Zahlen-Kompetenzen, zur phonologischen Bewusstheit und zu Sprachfertigkeiten durchgeführt. So konnten inhaltsnahe und inhaltsferne Trainingseffekte analysiert werden.

Die Aufgaben zu Mengen-Zahlen-Kompetenzen stellen das direkte Maß für den spezifischen Fördererfolg auf der unmittelbar trainierten Fähigkeit dar. Die übrigen werden als Transfermaße oder einflussnehmende Kontrollmaße herangezogen. Während zum Vortest die intellektuellen Fähigkeiten der Kinder untersucht wurden, enthielt der Nachtest Aufgaben zur Erfassung der

Arbeitsgedächtnisleistung. Somit konnten neben dem Langzeitgedächtnisabruf zwei weitere globale leistungsbeeinflussende kognitive Variablen erhoben werden. Dieses Vorgehen war aus ökonomischen Gründen notwendig und aus wissenschaftlicher Sicht vertretbar. Studien zur Trainierbarkeit des Arbeitsgedächtnisses zeigen, dass die Arbeitsgedächtnisleistung zwar zeitweise trainierbar ist, aber dafür spezielles Training angeboten werden muss, was im Kindergartenalltag nicht losgelöst der üblichen Schulvorbereitungen erfolgt sein dürfte. Außerdem geht von einem Training der Arbeitsgedächtnisleistung kein Transfer auf andere Disziplinen, z.B. mathematische oder rechtschriftliche Kompetenzen aus (Könen, Strobach & Karbach, 2016; Swanson, 2016). Kurz nach Schuleintritt, im August 2011, fand die erste Follow-Up-Erhebung statt, um erste Langzeiteffekte des Kindergartentrainings untersuchen zu können. Zu diesem Messzeitpunkt wurde erneut der Leistungsstand in den Mengen-Zahlen-Kompetenzen überprüft. Ein viertel Jahr nach Schuleintritt, zwischen November 2011 und Januar 2012, fand eine zweite Follow-Up-Erhebung statt. Zu diesem Zeitpunkt wurden erstmals basale Rechenkompetenzen erhoben. Darüber hinaus stand der Leistungsstand in den Mengen-Zahlen-Kompetenzen und der Intelligenz erneut im Fokus des Interesses. Eine Übersicht bietet Abbildung 6 (S. 70).

Die Leistungsstanderhebungen fanden nahezu ausschließlich in den Einrichtungen vor Ort statt und wurden während des Vorschuljahres der Kinder als Einzeltestungen von geschulten studentischen Hilfskräften oder wissenschaftlichen Mitarbeitern durchgeführt. Zum Nachtest war den Testern insgesamt unbekannt, ob in der Einrichtung eine Förderung stattgefunden hatte oder nicht. Die



Zeitraum	Einrichtung	Studienphase
<b>Aug. 2010</b>	Kindergarten	Rekrutierung der Einrichtungen
<b>bis Nov. 2010</b>		Rücklauf der elterlichen Einverständniserklärungen
<b>Nov. 2010 – Feb. 2011</b>		Vortest <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mathematische Basiskompetenzen (MBK-0; Krajewski, in Druck &amp; Zahlenstrahl des ZAREKI-K; Aster, Bzufka, et al., 2006)</li> <li>– phonologische Bewusstheit</li> <li>– Sprachfertigkeiten (SET 5-10; Petermann, 2010)</li> <li>– Intelligenz (WPPSI-III; Petermann, 2009)</li> <li>– Faktenabruf aus dem Langzeitgedächtnis</li> </ul>
<b>Feb. – Apr. 2011</b>		Förderphase <ul style="list-style-type: none"> <li>– Förderprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski et al., 2007)</li> </ul>
<b>Apr. – Mai 2011</b>		Nachtest <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mathematische Basiskompetenzen (MBK-0; Krajewski, in Druck &amp; Zahlenstrahl des ZAREKI-K; Aster, Bzufka, et al., 2006))</li> <li>– phonologische Bewusstheit</li> <li>– Sprachfertigkeiten (SET 5-10; Petermann, 2010)</li> <li>– Arbeitsgedächtnismaße</li> </ul>
<b>Aug. – Sep. 2011</b>	Schule	1. Follow-Up <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mathematische Basiskompetenzen (MBK-1 (Kurzform); Ennemoser, Krajewski &amp; Sinner, in Druck)</li> </ul>
<b>Nov. '11 – Jan. '12</b>		2. Follow-Up <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mathematische Basiskompetenzen (MBK-1 (Langform); Ennemoser et al., in Druck)</li> <li>– Rechentreppe (Ennemoser et al., in Druck)</li> <li>– Culture Fair Intelligence Test (CFT-1; Weiß &amp; Osterland, 1997)</li> </ul>

Abbildung 6: Verlaufsplan der Studie

Voraussetzungen für eine ungestörte Testung konnte nicht in allen Einrichtungen gewährleistet werden, so musste z.B. auf Turnhallen oder Durchgangsräume ausgewichen werden, was aus ökonomischen Gründen jedoch akzeptiert werden musste. Die Leistungsstanderhebungen ab Beginn der

ersten Klasse fanden überwiegend im Klassenverband während der Unterrichtszeit statt. Dies hatte ökonomische Vorteile und bot eine weitestgehend ungestörte Möglichkeit die Verfahren durchzuführen. Bei einigen Schulen, die keine Unterrichtszeit zur Durchführung der Studie anboten, mussten die Kinder im Anschluss an den Unterricht oder in der Nachmittagsbetreuung getestet werden. In einigen Fällen wurden die Kinder zu Gruppenterminen in die Räumlichkeiten der Universität Gießen eingeladen. Die Eltern erhielten für die Anfahrt zur Universität eine Aufwandsentschädigung. In wenigen, besonders schwierigen Einzelfällen fand die Leistungsstanderhebung beim Kind zuhause statt.

### 5.2 *Stichprobe*

Die Rekrutierung der Stichprobe erfolgte zwischen Marburg-Biedenkopf im Norden, Wetzlar im Westen, Butzbach im Süden und Grünberg im Osten. Dafür wurden ab August 2010 ca. 130 Kindergärten und Kindertagesstätten telefonisch kontaktiert und über die Studie informiert. Letztendlich nahmen 69 Einrichtungen teil. Bereits während der ersten Kontakte mit den Einrichtungen im Stadtgebiet Gießen wurde erklärt, dass die Vermittlung desselben Inhalts durch zwei unterschiedliche Fördermethoden erfolgen wird. Die jeweilige Einrichtung konnte sich aussuchen, ob sie die peer-gestützte oder kleingruppen-orientierte Methode anwenden will. Zudem konnten die Einrichtungen selbst entscheiden, ob das eigene Personal oder eine studentische Hilfskraft die Förderung durchführen sollte. Innerhalb einer Einrichtung war es nicht zulässig beide Fördermethoden anzuwenden, um den Erfolg der Methoden in ihrer reinen Form vergleichen zu können. Kindergärten außerhalb der Stadt Gießen erhielten die Information, dass eine Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Schriftsprachvorläuferfertigkeiten und mathematischen Vorläuferfertigkeiten stattfindet. Solche Einrichtungen bildeten die Kontrollgruppe. Die regional-räumliche Trennung musste vorgenommen werden, da die Kontrollgruppe nach der Vorschulzeit in zwei weitere Gruppen aufgeteilt wird, die nach der Einschulung eine Förderung erhalten sollten. Nur so konnte vermieden werden, dass Kinder zwei Mal eine Förderung im Rahmen des Projekts erhielten<sup>7</sup>. Nach Zustimmung der Einrichtungen wurden Einverständniserklärungen an alle Eltern der Einrichtungen verteilt, deren Kinder voraussichtlich im Sommer 2011 eingeschult werden. Diese Vorgehensweise ermöglichte es sogenannte Kann-Kinder mit in die Studie aufzunehmen und deren Entwicklung langfristig zu verfolgen. Weitere Einschlusskriterien wurden nicht angelegt. Als Ausschlusskriterium galt lediglich eine körperliche oder geistige Behinderung, deren Grad so hoch war, dass der Umgang mit den Fördermaterialien oder eine Förderung der Mengen-Zahlen-Kompetenzen noch nicht möglich gewesen wäre. Ziel war es eine möglichst umfangreiche und unselektierte Stichprobe der Einschulungskohorte des Einschulungsjahrgangs 2011/2012 im Großraum Gießen und Umgebung zu erhalten.

---

<sup>7</sup> Die Untersuchung zur Förderung während der Schuleingangsphase ist nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit. In der vorliegenden Studie wird ausschließlich die Förderung im Vorschulalter betrachtet.

Insgesamt nahmen 540 Kinder aus 69 Einrichtungen an der Studie teil. Davon erhielten 326 Kinder eine Förderung (161 peer-gestützt, 165 kleingruppen-orientiert). Aus verschiedenen Gründen verpassten einige Kinder leider mehr als 50% der Fördersitzungen. Diese Kinder wurden aus den Analysen ausgeschlossen. Daher fließen nur die Daten von 157 Kindern aus der peer-gestützten Förderung und von 152 Kindern aus der kleingruppen-orientierten Förderung in die Analysen ein. Von den endgültig teilnehmenden 523 Kindern waren 247 Jungen und 276 Mädchen. Die Geschlechter kamen in allen drei Gruppen gleich häufig vor (s. Tabelle 3, S. 72). Das durchschnittliche Alter betrug 69,58 Monate (SD = 5.949). Die Altersverteilung unterschied sich zwischen den Experimentalgruppen nicht ( $\chi^2[62] = 55.345$ , *n.s.*). Zu 381 Kindern (73% der teilnehmenden Kinder) liegen Informationen zum häuslichen Umfeld vor, die per Fragebogen erhoben wurden. Daraus geht hervor, dass 42 von 120 Kontrollgruppen-Kindern (35%), 33 von 89 Kinder kleingruppen-orientierter Förderung (37%) und 31 von 62 Kinder peer-gestützter Förderung (50%) mindestens einen Elternteil mit Migrationshintergrund haben. Der Anteil unterscheidet sich zwischen den Gruppen nicht ( $\chi^2[2] = 1.706$ , *n.s.*).

Da aufgrund des Rekrutierungsverfahrens auch sogenannte Kann-Kinder mit in die Studie aufgenommen wurden, also Kinder die auf elterlichen Antrag hin jünger als das übliche Einschulungsalter die erste Klasse besuchen, war der Drop-Out zur Einschulung mit 81 Kindern im Vergleich zum Drop-Out während der Studienphase im Kindergarten (15 Kinder) recht hoch. 56 Kinder wurden vom Schuleintritt zurückgestellt. Für 13 Kinder bestand aus schulorganisatorischen oder privaten Gründen keine Möglichkeit auch nach der Einschulung an der Studie teilzunehmen. Der Drop-Out zwischen der ersten und zweiten Follow-Up-Untersuchung fiel mit 16 Kindern wieder gering aus (s. Tabelle 4).

*Tabelle 3: Verteilung der Geschlechter auf die Untersuchungsgruppen (Anzahlen)*

	Geschlecht des Kindes		<i>Gesamt</i>
	Junge	Mädchen	
Kontrollgruppe	97	117	214
Kleingruppen-orientierte Förderung	76	76	152
Peer-gestützte Förderung	74	83	157
<i>Gesamt</i>	247	276	523

$$\chi^2[2] = 0.779, n.s.$$

Tabelle 4: Drop-Out-Aufschlüsselung (Anzahlen) nach Zeitpunkt und Grund

	Drop-Out Grund						Gesamt
	Nicht eingeschult	Verzogen	EV zurückgezogen	Zurückgestuft	Längerfristig erkrankt	eine Klasse hochgestuft	
MZP 1, 2. Teil		3					3
MZP 2, 1. Teil		9					9
MZP 2, 2. Teil		3					3
MZP 3, 1. Teil	56	12	13				81
MZP 4, 1. Teil		4	2	5	2		13
MZP 4, 2. Teil		1				1	2
MZP 4, 3. Teil		1					1
Gesamt	56	33	15	5	2	1	112

Anmerkung: Aus Formatierungsgründen wurde „Messzeitpunkt“ mit MZP und Einverständniserklärung mit EV abgekürzt.

### 5.1 Versuchsgruppen und deren Fördermethode

Zur Förderung der mathematischen Basiskompetenzen im Kindergarten wurde das Förderprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski et al., 2007) in einer an die Fördermethode angepassten Version eingesetzt. Das Förderprogramm setzte sich aus 24 regulären Sitzungen und sechs Wiederholungssitzungen zusammen, die über acht Wochen mit jeweils drei Sitzungen pro Woche durchgeführt wurden. In den Sitzungen wurde auf drei Schwerpunkte eingegangen, die an den Ebenen des Entwicklungsmodells der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski und Schneider (2006) orientiert waren. Im ersten Schwerpunkt wurde neben den Kompetenzen der ersten Ebene bereits eine erste Mengen-Zahl-Zuordnung trainiert, die auf Ebene II verortet war. Im Schwerpunkt zwei wurden Übungen zur Anzahlordnung durchgeführt, wodurch die Inhalte der Ebene II des Entwicklungsmodells vertiefend vermittelt wurden. Mit den Aufgaben aus dem dritten Schwerpunkt wurden Teil-Ganzes-Beziehungen und Anzahlunterschiede gefördert, die im Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung auf Ebene III verortet waren. Eine genaue Aufschlüsselung der Förderinhalte kann Tabelle 5 (s. unten) entnommen werden. Eine Sitzung bestand aus einer kurzen einleitenden Wiederholung der Inhalte aus der vorangegangenen Sitzung, einer anschließenden Erarbeitung und Festigung neuer Inhalte unter Anleitung des Fördergruppenleiters und einer abschließenden Reflektion der neu gelernten Inhalte. Eine Sitzung dauerte zwischen 30 und 45 Minuten. Die Dauer und Anzahl der Sitzungen, sowohl insgesamt als auch pro Woche, war in beiden angewendeten Fördermethoden gleich. Gleich war auch mit sechs

bis acht Kinder die Anzahl in einer Fördergruppe im Kindergarten. Die Förderung wurde von geschulten studentischen Hilfskräften oder geschulten Erziehern der Einrichtung durchgeführt, die nicht über die Vortestleistungen der Kinder informiert waren. Die Förderkräfte erhielten die Möglichkeit alle 14 Tage an einer von den Projektmitarbeitern geleiteten Supervision teilzunehmen oder telefonisch oder per E-Mail Rückfragen zum Förderprogramm zu stellen.

*Tabelle 5: Förderinhalte des Förderprogramms "Mengen, zählen, Zahlen" zitiert nach Krajewski (2014)*

Schwerpunkt des MZZ	Förderinhalt und dessen Verortung im Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski & Schneider (2006)
Schwerpunkt 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beherrschen der Zahlenfolge und Ziffern von 1 – 10 (Ebene 1)</li> <li>- Einordnen von Zahlen in die Zahlenfolge, z.B. 4,5,?,7 (Ebene 2)</li> <li>- Zuordnen von Mengen zu Zahlen und umgekehrt (Ebene 2)</li> <li>- Übertragung von Mengen und Zahlen in korrespondierende Darstellungsweisen (Zahlwort, Ziffer, Menge) (Ebene 2)</li> </ul>
Schwerpunkt 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beherrschung der Begriffe mehr = mehr Dinge = größere Zahl = längerer Zahlenstreifen = größere Zahlenstufe (Ebene 2)</li> <li>- Anzahlen eins bis zehn in die richtige Reihenfolge bringen (Ebene 2)</li> <li>- Vergleichen von Zahlen und Verbalisierung, z.B. „Vier Chips sind mehr als drei Chips.“ (Ebene 2)</li> <li>- Bestimmung der genauen Position einzelner Anzahlen in der Zahlenfolge (Ebene 2)</li> <li>- Anzahlen mit Längen und Höhen verknüpfen und erkennen: Große Anzahlen bilden große Stufen und lange Reihen (Ebene 2)</li> <li>- Erkenne, dass zur nächsten Zahl immer eins dazukommt (Ebene 3)</li> </ul>
Schwerpunkt 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ermitteln der Anzahl einer Gesamtmenge (Ebene 3)</li> <li>- Veranschaulichen und feststellen, dass sich größere Zahlen aus kleineren Zahlen zusammensetzen (Ebene 3)</li> <li>- Veranschaulichen und feststellen, dass der Unterschied zwischen zwei Zahlen wieder eine Zahl ist. (Ebene 3)</li> </ul>

### 5.1.1 Peer-gestützte Förderung

Die 157 Kinder, die eine peer-gestützte Förderung erhielten, wurden innerhalb ihrer Einrichtung in Gruppen mit mindestens vier und maximal acht Kindern eingeteilt. Die Förderung fand innerhalb dieser Gruppen, die im Folgenden „Fördergruppen“ genannt werden, statt. Die Einrichtungen selbst nahmen die Einteilung der Kinder in Fördergruppen vor. Bei der Einteilung in Fördergruppen sollten sie berücksichtigen, dass der Kindergartenalltag so wenig wie möglich durch die Studie gestört wird.

Die Zuteilung der Kinder zu Lerntandems innerhalb einer Fördergruppe nahmen Projektmitarbeiter anhand der Vortestergebnisse vor (s. Abbildung 7). Dazu wurde die Fördergruppe auf Basis ihrer Vortestleistung in zwei gleichgroße Subgruppen unterteilt. Dem stärksten Kind aus der ersten Leistungshälfte wurde das stärkste Kind aus der zweiten Leistungshälfte als Partner zugeordnet, dem zweitstärksten Kind aus der ersten Leistungshälfte das zweitstärkste Kind der zweiten Leistungshälfte usw.. Bei einer ungeraden Anzahl an Kindern in einer Fördergruppe wurden dem Schwächsten aus der ersten Leistungshälfte die beiden Schwächsten aus der zweiten

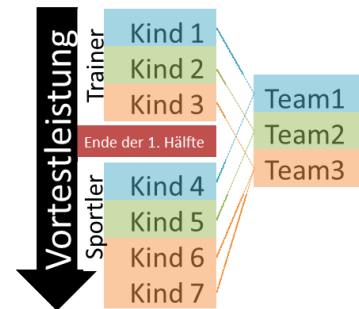


Abbildung 7:  
Teameinteilung in der peer-gestützten Förderung innerhalb einer Fördergruppe einer

Leistungshälfte zugeordnet. So wurde die Zuteilungsvorgabe aus dem Original umgesetzt (s. Kapitel 3.2.1 und 0). Das Kind aus der Hälfte mit den besseren Leistungen wurde „Trainer“ und das Kind aus der anderen Hälfte „Sportler“ genannt. Sie hatten jeweils rollenspezifische Aufgaben, die in den ersten beiden Trainingssitzungen vermittelt wurden. Der „Trainer“ sollte das Handeln seines „Sportlers“ überwachen und korrigieren sowie Hilfe auf dem Weg zur richtigen Lösung anbieten. Der „Sportler“ sollte die Aufgaben durchführen und bei Schwierigkeiten auf die Hilfe seines „Trainers“ zurückgreifen. Während einer vor der Hauptstudie durchgeführten Erprobungsphase zeigte sich, dass erstaunlicherweise alle Kinder „Sportler“ sein wollten. Dieses Problem wurde in der Hauptstudie dadurch gelöst, dass zu bestimmten im Manual markierten Stunden oder Aufgaben die Rollen getauscht werden sollten. Insgesamt wurden die Rollen in 11 von 24 Sitzungen entweder für die gesamte Sitzung oder für einzelne Übungen innerhalb einer Sitzung getauscht (Sitzungen: 1.2, 1.4, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6a, 2.8, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4). Innerhalb einer Sitzung wurde der Dreischritt aus Einleitung, Erarbeitung und Reflexion des originalen Programms beibehalten. Die Erarbeitungsphasen enthielten peer-tutorielle Elemente. Nach der Einleitung wurde in der Erarbeitungsphase die Aufgabe zunächst zusammen mit den Kindern durchgeführt, um ihnen zu zeigen, wie die Aufgaben zu bearbeiten sind. Im Anschluss daran fanden sich die Teams zusammen und wiederholten das zuvor Gezeigte mit eigenem Material. Da einige Aufgaben einen komplexen Ablauf aufwiesen, erhielten die Kinder in diesen Sitzungen zusätzliche Visualisierungen des Aufgabenablaufs, damit sie einzelne Aspekte der Aufgabe nicht vergaßen. Die sechste Sitzung im Schwerpunkt zwei musste auf zwei Termine aufgeteilt werden, da die Aufgabenbearbeitung sonst länger als 45 Minuten gedauert hätte. Zusätzlich musste die Anzahl der

Wiederholungssitzungen reduziert werden, um Zeit für das Einüben spezifischer Verhaltensregeln zu haben. Daher konnten die Sitzungen 2.3, 2.6 und 3.4 nicht wie im Original ein zweites Mal durchgeführt werden. Ein Ablaufplan und die Hauptziele eines jeden Schwerpunktes befinden sich im Anhang (vgl. Anhang A).

### *5.1.2 Kleingruppen-orientierte Förderung*

Die 152 Kinder, die an der kleingruppen-orientierten Förderung teilnahmen, erhielten eine Förderung, die der originalen Fördermethode des Programms „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski et al., 2007) entsprach. Der Sitzungsablauf wurde daher nicht wesentlich verändert. Ebenso wie zu Beginn der peer-gestützten Förderung wurden den Kindern Verhaltensweisen zum Zusammenarbeiten in einer Gruppe vermittelt. Daher konnten die Sitzungen 2.3 und 3.4 nicht wiederholt werden.

### *5.1.3 Kontrollgruppe*

Die 214 Kinder der Kontrollgruppe erhielten keine gezielte programmatische Förderung der mathematischen Basiskompetenzen und anderer Inhalte durch das Projekt. Sie absolvierten die Schulvorbereitungsmaßnahmen entsprechend des pädagogischen Konzepts der Einrichtungen. Solche Schulvorbereitungsmaßnahmen fanden in allen teilnehmenden Einrichtung statt.

## **5.2 Messverfahren**

Die als Vor- und Nachtest eingesetzten Messverfahren zur Überprüfung von Förder- und Transfereffekten sind nahezu identisch. Im Nachtest wurden anstelle von Aufgaben zu intellektuellen Fähigkeiten Aufgaben zur Erfassung der Arbeitsgedächtnisleistung durchgeführt. Vor- und Nachtest fanden jeweils als Einzeltestungen statt und wurden an zwei Terminen zu je 45 Minuten durchgeführt. In den Follow-Up Testungen konnten dagegen ökonomische Gruppenverfahren durchgeführt werden, die gut in den schulischen Tagesablauf integriert werden konnten. Die Untersuchungen zu allen Messzeitpunkten wurden von geschulten studentischen Hilfskräften oder Mitarbeitern der Universität durchgeführt

### *5.2.1 In Vor- und Nachtest wiederholt eingesetzte Verfahren*

Zum Vor- und Nachtest wurde der Leistungsstand in den mathematischen Basiskompetenzen als inhaltsnahes Hauptkriterium erhoben. Zusätzlich wurde der Leistungsstand in weiteren Kompetenzen ermittelt, die zwar Zusammenhänge mit den Förderinhalten aufweisen, aber nicht gefördert wurden (phonologischen Bewusstheit, Faktenabruf aus dem Langzeitgedächtnis). Darüber hinaus waren solche Kompetenzen von Interesse, die Fördererfolge moderieren könnten (Intelligenz, Arbeitsgedächtnis, Sprachfertigkeiten). Zum ersten Untersuchungstermin standen überwiegend die inhaltsnahen (z. B. die mathematischen Basiskompetenzen) und zum zweiten Termin die inhaltsferneren Kompetenzen (z.B. Intelligenz und Sprachfertigkeiten) im Mittelpunkt.

### *Mathematische Basiskompetenzen*

Mit dem durchgeführten Förderprogramm sollten mathematische Basiskompetenzen gefördert werden. Daher wurde zur Überprüfung eines spezifischen Fördereffekts der inhaltsnahe Test zur Erfassung mathematischer Basisfertigkeiten im Kindergartenalter (MBK-0; Krajewski, 2017) herangezogen. Das Verfahren erfasst die mathematischen Basiskompetenzen nach dem Entwicklungsmodell von Krajewski (s. Kapitel 1.2.2) zuverlässig (Krajewski & Ennemoser, 2013). Es enthält Aufgaben zu den Kompetenzen, die wie folgt verortet sind:

- Ebene 1: Zahlenfolge, Ziffernkenntnis
- Ebene 2: Anzahlkonzept, Anzahlseriation, Anzahlvergleich, Mengenvergleich
- Ebene 3: Rechnen, Anzahldifferenz

Die *Zahlenfolge* wurde durch Aufsagen der Zahlwortfolge vorwärts und rückwärts sowie durch die Benennung von Vorgänger- und Nachfolgerzahlen im Zwanzigerbereich erhoben. Für das vollständig richtige Aufsagen der Zahlwortfolge bis zu jedem vollendeten 10er-Schritt wurde ein Punkt vergeben, so dass maximal vier Punkte für das Zählen bis mindestens zur Zahl 31 zu erhalten waren. Für jede richtige Benennung einer Vorgänger- oder Nachfolgerzahl wurde ein Punkt vergeben. Für das vollständig richtige Rückwärtszählen ab der Zahl fünf wurden zwei Punkte, für das teilweise richtige Rückwärtszählen ein Punkt vergeben. In diesem Subtest konnten maximal zwölf Punkte erreicht werden. Zur Überprüfung der *Ziffernkenntnis* erhielt das Kind Kärtchen mit Zahlen von 1 bis 20, die es in unsortierter Reihenfolge benennen musste. Mit einem halben Punkt für jede richtige Benennung konnten hier maximal 10 Punkte erreicht werden. Die *Anzahldifferenz* wurde mit zwei Streifen, die eine unterschiedliche Punkteanzahl haben, überprüft. Das Kind musste dabei die Anzahl der Punkte benennen, die von dem längeren Streifen weggenommen werden müssen, damit dieser genauso lang ist, wie der kürzere Streifen. Jede der drei Aufgaben wurde bei richtiger Lösung mit einem Punkt bewertet (max. drei Punkte insgesamt). Zur Überprüfung des *Anzahlkonzepts* musste das Kind Anzahlen zu Ziffern und umgekehrt zuordnen. Auch hier wurde jede Aufgabe mit einem Punkt bewertet, so dass maximal fünf Punkte erreicht werden konnten. Im Subtest „Abstraktes Rechnen“ wurde das Kind aufgefordert zu jeweils vier Zahlen, die Zahl zu nennen, die eins mehr oder eins weniger ist, als die genannte Zahl. Jede richtige Lösung wurde mit einem Punkt bewertet, so dass maximal 8 Punkte zu erreichen waren. Zur Überprüfung des Verständnisses der *Anzahlseriation* wurde dem Kind eine Reihe mit Käfern vorgelegt, wobei die Käfer in aufsteigender Folge nach der Anzahl der Punkte auf ihrem Körper geordnet sind. In dieser Käferreihe fehlte jeweils ein Käfer. Das Kind musste aus einem Pool von fünf Käfern den Käfer auswählen, der die Reihe vervollständigt. Diese Aufgaben wurden mit jeweils einem Punkt bewertet. Zusätzlich musste das Testkind zur ersten Aufgaben die Käfer gezeigt werden, die älter bzw. jünger waren, als das Testkind selbst. Für die vollständig richtige Lösung wurden zwei Punkte und das Zeigen von mindestens einem richtigen Käfer ein Punkt vergeben. Im Subtest



„Anzahlvergleich“ wurden dem Kind zwei Zahlen im Zwanzigerraum genannt, von denen das Kind je nach Aufgabenstellung die Zahl benennen musste, die mehr oder weniger war. Bei jeweils vier Aufgaben pro Anforderung konnten maximal acht Punkte erzielt werden. Mit dem Subtest „Mengenvergleich“ wurde geprüft, ob ein Kind Mengen anhand ihrer Mächtigkeit oder nach ihrer räumlichen Ausdehnung beurteilt. Dazu wurden vor dem Kind zwei Reihen mit Spielfiguren aufgebaut, die je nach Aufgabe gleich viele oder verschieden viele Spielfiguren enthielten. Das Kind musste entscheiden, ob in einer Reihe mehr, weniger oder gleich viele Spielfiguren stehen. In jeder der drei Aufgaben wurde für die richtige Lösung ein Punkt vergeben. Der Subtest „Rechnen“ überprüfte das Verständnis für Zahlbeziehungen im Sachkontext. Da dieser Subtest im Vorschuljahr vor allem bei leistungsschwachen Kindern differenziert, wurden Aufgaben ergänzt, die eine präzise Leistungsstandermittlung in den oberen Perzentilen ermöglichen und bereits durch vorherige Untersuchungen erprobt waren. Daher wurde der Subtest „Rechnen“ um vier Aufgaben höherer Schwierigkeit erweitert. Zwei Aufgaben verlangten eine teilweise vorstellende Lösungsstrategie, so dass Kinder nicht das vollständige Material zur handelnden Lösung verwenden konnten. Sie mussten sich folglich eine der beiden Mengen mental vorstellen, mit der sie zu operieren hatten. Jede richtige Aufgabe wurde mit einem Punkt bewertet, so dass maximal zehn Punkte zu erreichen waren. Zusätzlich wurden aus dem Test zur Erfassung mathematischer Basiskompetenzen im ersten Schuljahr (MBK-1; Ennemoser et al., 2018) die Subtests „Anzahlseriation“, „Eins mehr“ und „Eins weniger“ herangezogen. Auch dieses Verfahren basiert auf dem Entwicklungsmodell von Krajewski und prüft die mathematischen Basiskompetenzen zuverlässig (Krajewski & Ennemoser, 2013). Im Subtest „Anzahlseriation“ des MBK-1 wurde dem Testkind eine unterbrochene Reihe aufsteigender Anzahlen in abstrakter Darstellungsform (Punkte, Uhrenstücke, Hände und Würfelbilder) gezeigt. Das Testkind musste aus einer Auswahl diejenige Darstellung herausuchen, die die Reihenfolge richtig vervollständigt. Für die vier Aufgaben konnten maximal vier Punkte vergeben werden, wobei jede richtige Lösung mit einem Punkt bewertet wurde. In den Subtests „Eins mehr“ und „Eins weniger“ musste das Testkind jeweils zwei Aufgaben lösen. Dazu musste es aus einer Auswahl das Kärtchen wählen, das in der gleichen Darstellungsart wie das präsentierte Kärtchen eins mehr oder ein weniger zeigte als das präsentierte. Sowohl im Subtest „Eins mehr“ als auch im Subtest „Eins weniger“ wurde für jede richtige Lösung ein Punkt vergeben. Durch die Verwendung der Subtests aus dem MBK-1 ergab sich die Möglichkeit ein fortschreibendes Maß über die Einschulung hinaus zu verwenden. In der in dieser Studie verwendeten erweiterten Fassung des MBK-0 konnten maximal 74 Punkte erreicht werden.

Aster, Bzufka & Horn (2006) konnten zeigen, dass der Zahlenstrahl als Maß zur Erfassung mathematischer Kompetenzen herangezogen werden kann. Ennemoser, Sinner und Krajewski (Ennemoser et al., 2018) verorten die Kompetenzen zum Umgang mit dem Zahlenstrahl auf Ebene II des Modells der Zahl-Größen-Verknüpfung. Um eine noch breitere Aussagekraft der Kompetenzen auf

Ebene II treffen zu können, wurden entsprechende Items aus dem ZAREKI-K (Aster et al., 2006) eingesetzt. Das Kind hatte zehn Aufgaben zum Zahlenstrahl zu lösen. Für jede richtige Lösung wurde ein Punkt vergeben.

In die Analysen geht ein Gesamtscore „mathematische Fertigkeiten“ ein. Er wird als Mittelwert der z-transformierten Leistungsausprägungen pro Ebene des MBK gebildet, wobei der Subtest „Zahlenstrahlen“ in den Mittelwert von Ebene II einbezogen wurde.

### *Phonologische Bewusstheit*

Um Effekte der mathematischen Förderung auf Nicht-Trainingsinhalte untersuchen zu können, wurde der Leistungsstand im Bereich der phonologischen Bewusstheit mit einer Aufgabe zur phonologischen Bewusstheit im engeren und einer Aufgabe zur phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinn erhoben. Die *phonologische Bewusstheit im weiteren Sinn* wurde mit einer Aufgabe zum Reimen überprüft. Hierfür kam ein Test zum Einsatz, der an eine Aufgabe von Bradley und Bryant (1985) angelehnt und bereits in mehreren deutschsprachigen Studien erprobt war (Küspert, 1998; Roth, 1999; Roth & Schneider, 2002; Schneider, Küspert, Roth, Visé & Marx, 1997; Schneider, Visé, Reimers & Blaesser, 1994; Weinert, 1997). Bei diesem Test wurden den Kindern vier Wörter vorgelesen, von denen sich drei Wörter reimten. Das Kind musste das Wort nennen, das nicht zu den anderen passte. Insgesamt wurden zehn dieser Aufgaben durchgeführt. Um einen möglichen Einfluss durch die Leistungsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses weitestgehend gering zu halten, wurden die Wörter wie in den Studien von Krajewski, Nieding & Schneider (2008) sowie Krajewski & Schneider (2009b) immer drei Mal vorgesprochen. Jede richtige Lösung wurde mit einem Punkt bewertet. Es konnten somit maximal 10 Punkte erreicht werden.

Die Aufgabe „Laute-Assoziieren“ aus dem Bielefelder Screening (BISC; Jansen, Mannhaupt, Marx & Skowronek, 2002) wurde zur Erfassung des Leistungsstands im Bereich der *phonologischen Bewusstheit im engeren Sinne* eingesetzt. Das gesuchte Wort wurde mit Unterbrechungen lautiert vorgetragen. Die Stellen, an denen der Lautstrom unterbrochen werden sollte, waren im Manual markiert. So zeigte zum Beispiel beim Vorsprechen des Wortes „F-i-sch“ der Bindestrich jeweils eine kurz einzulegende Pause an. Das Kind musste das Wort durch Zusammenziehen der Laute bilden. Die Lösung konnte das Kind auf einem vor ihm liegenden Blatt mit vier Abbildungen zeigen. Eine Abbildung zeigte die richtige Lösung, eines der drei anderen Abbildungen hat denselben Anlaut (z.B. Fuß) oder denselben Reim (z.B. Tisch) oder keine Übereinstimmung mit dem Zielwort (z.B. Kerze). Die Autoren berichten für die Aufgabe zum Zeitpunkt zehn Monate vor der Einschulung eine mittlere Itemschwierigkeit  $p = .89$  und ein Cronbachs alpha  $\alpha = .53$ . Die Trennschärfen liegen dabei zwischen  $r_{it} = .15$  und  $r_{it} = .30$ . Für jede richtige Antwort der acht Aufgaben wurde ein Punkt vergeben, so dass die Maximalpunktzahl acht Punkte betrug.

Zusätzlich wurde eine Aufgabe zur *Buchstabenkenntnis* durchgeführt, bei der dem Kind Kärtchen mit allen 26 Großbuchstaben gegeben wurde, die es benennen sollte. Die Buchstaben kamen darin nicht in der Reihenfolge des Alphabets vor. Für jeden richtig benannten Buchstaben wurde ein Punkt vergeben.

In die Analysen geht ein Gesamtscore „phonologische Bewusstheit“ als Mittelwert der z-transformierten Summen der einzelnen Tests („Reimen“, „Laute-Assoziieren“, „Buchstabenkenntnis“) ein.

### *Sprachfertigkeiten*

Das Förderprogramm enthielt viele sprachliche Instruktionen und forderte das Kind auf Gelerntes zu verbalisieren. Daher könnten Sprachfertigkeiten Einfluss auf den Fördererfolg speziell in der peer-gestützten Förderung genommen haben. Um dies untersuchen zu können, wurden Sprachfertigkeiten mit den Subtests Bildbenennung, Handlungssequenzen, und Satzbildung aus dem standardisierten und normierten Sprachstanderhebungstest für Kinder im Alter von 5 – 10 Jahren (SET 5-10; Petermann, 2010) erhoben. Die Auswahl der Subtests ermöglichte eine ökonomische Testung einer breiten Spanne sprachlicher Fertigkeiten. Zur Überprüfung des Wortschatzes wurden im Subtest „Bildbenennung“ 28 Objekte und 12 Tätigkeiten grafisch präsentiert, die vom Kind mit einem Wort benannt werden sollten. Die insgesamt 40 Items zeigen laut der Autoren eine passable Schwierigkeit und mittlere Trennschärfe ( $r_{it}=0.21$  bis  $r_{it}=0.62$ ) bei exzellenter interner Konsistenz (Cronbachs alpha  $\alpha=.91$ ) (Petermann, 2010). Für jede richtige Benennung eines Objektes oder einer Tätigkeit wurde ein Punkt vergeben. Im Subtest „Handlungssequenzen“ wurden dem Kind Sätze vorgesprochen, die eine oder mehrere Handlungen beschreiben. Das Kind musste die beschriebenen Handlungen mit Puppen nachspielen, dabei die Reihenfolge der Handlungen beachten, die richtigen Puppen wählen und die Präpositionen richtig umsetzen. Über die insgesamt 12 Items berichtet Petermann (2010) Itemschwierigkeiten zwischen  $p_i=0.58$  und  $p_i=0.98$ , Trennschärfen von  $r_{it}=0.18$  bis  $r_{it}=0.53$  sowie ein akzeptables Cronbachs alpha von .77. Der Subtest „Handlungssequenzen“ überprüfte folglich das *Sprachverständnis* zuverlässig. Nur für ein vollständig richtiges Nachspielen wurde ein Punkt vergeben. Insgesamt konnten zwölf Punkte erreicht werden. Mit dem Subtest „Satzbildung“ wurde hingegen die Leistungsfähigkeit in der *Sprachproduktion* erhoben. Dazu musste das Kind mit vorgegebenen Wörtern einen grammatikalisch korrekten Satz bilden. Bei der einen Hälfte der zwölf Aufgaben wurden dem Kind zwei Wörter, bei der anderen Hälfte drei Wörter vorgegeben. Die Aufgaben zeigen eine mittlere bis hohe Itemschwierigkeit und eine mittlere Trennschärfe. Die Reliabilität wird mit Cronbachs alpha von .91 angegeben und ist als exzellent zu bezeichnen. Nur ein vollständiger und grammatikalisch richtiger Satz, in dem die genannten Wörter sinnvoll verwendet wurden, wurde mit einem Punkt bewertet.

Zusätzlich wurde mit dem Subtest *Satzgedächtnis* aus dem Sprachentwicklungstest für drei- bis fünfjährige Kinder (SET-K 3-5; Grimm, 2010) ein globaler Marker des Sprachverständnisses erhoben. Darin wurden den Kindern sechs sinnvolle sowie neun grammatikalisch und syntaktisch korrekte Nonsens-Sätze vorgesprochen, die vom Kind wiederholt werden mussten. Die Autorin berichtet eine Itemschwierigkeit zwischen  $p_i=0.9$  und  $p_i=0.45$  bei einer korrigierten Trennschärfe im Bereich zwischen  $r_{it}=.37$  und  $r_{it}=.73$ . Für jedes in der ursprünglichen vorgegebenen Deklination oder Konjunktion wiedergegebene Wort wurde ein Punkt vergeben. Insgesamt konnten hier 119 Punkte erreicht werden.

In die Analysen geht ein Gesamtscore „Sprache“ ein, der als Mittelwert aus den z-transformierten Summen der Subtests Bildbenennung, Handlungssequenzen, Satzbildung und Satzgedächtnis errechnet wurde.

### 5.2.2 In Vor- oder Nachtest eingesetzte Verfahren

#### *Intelligenz*

Um die intellektuelle Leistungsfähigkeit einschätzen zu können, wurden Subtests aus den deutschen Versionen des Wechsler-Intelligenz-Tests (Petermann, 2009; Ricken, Fritz, Schuck & Preuß, 2007) verwendet. Wechsler-Intelligenztests weisen vier Skalen auf, die zur Berechnung des Gesamt-IQ herangezogen werden, sie lauten: Verbalteil (VT), Handlungsteil (HT), Verarbeitungsgeschwindigkeit (VG) und allgemeine Sprachskala (AS). Es wurden ausschließlich Subtests aus dem Handlungsteil in dieser Studie verwendet. Diese zeigen fluide Intelligenz an. Diese gilt als sprachfrei und kulturunabhängig, was für diese Studie relevant war, da eine nahezu unausgelesene Stichprobe zu überprüfen war. Aus der Skala Handlungsteil wurde die Subtests „Matritzen-Test“<sup>8</sup> und „Bildkonzepte“ in die Testbatterie aufgenommen. Im Subtest „*Matritzen-Test*“ mussten die Kinder Analogien bilden, in dem sie aus einer Auswahl grafischer Darstellungen diejenige auswählten, die ein freies Feld in einem Vier-Felder-Quadrat sinnvoll ausfüllte. Insgesamt wurden dem Kind 17 Aufgaben vorgelegt, deren richtige Lösung je einen Punkt erbrachte. Wenn das Kind vier aufeinander folgende Aufgaben oder vier von fünf aufeinander folgenden Aufgaben nicht gelöst hatte, wurde der Subtest abgebrochen. Für diesen Subtest berichten Ricken, Fritz, Schuck & Preuß (2007)<sup>9</sup> für das mittlere Alter der Stichprobe von 5;11 Jahren eine hohe Korrelation zur Skala Handlungsteil ( $r = .76$ ) und eine mittlere Korrelation mit dem Gesamtwert ( $r = .66$ ). Im Subtest „*Bildkonzepte*“ wurden dem Kind zwei bis drei Reihen mit Objekten gezeigt. Das Kind musste aus jeder Reihe ein Objekt auswählen und mit Hilfe von Kategorienbildung

---

<sup>8</sup> In diesem Subtest der Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence - III (WPPSI-III; Petermann, 2009) befindet sich in Item 14 ein Druckfehler, so dass die richtige Lösung zwei Mal vorkam. Daher wurde diese Aufgabe durch dieselbe Aufgabe aus dem Hannover-Wechsler-Intelligenztest für das Vorschulalter – III (HAWIVA-III; Ricken et al., 2007) ersetzt.

<sup>9</sup> Da dieser Subtest aus dem HAWIVA entnommen wurde, werden auch die entsprechenden Daten für diesen Subtest aus dem HAWIVA berichtet.

begründen, warum die genannten Objekte zusammenpassen. Der Subtest korreliert hoch mit der Skala Handlungsteil ( $r = .74$ ) (Petermann, 2009). Auch hier werden dem Kind 17 Aufgaben präsentiert, von denen nur die richtig beantworteten einen Punkt erbrachten.

Der IQ geht als Mittelwert aus den z-transformierten Summen der einzelnen Subtests in die Analysen ein.

### *Arbeitsgedächtnis*

Die Leistung in den drei Bereichen des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley (1986) wurde jeweils mit mehreren Aufgaben untersucht. So kamen für den *phonologischen Speicher* die Subtests „Kunstwörter nachsprechen“, „Zahlenfolge vorwärts“ und „Wortspanne einsilbig vorwärts“ zum Einsatz. Dabei konnte zum Subtest „Kunstwörter nachsprechen“ auf das Wortmaterial einer Untersuchung von Hasselhorn und Körner (1997) zum Zusammenhang von Arbeitsgedächtnis und syntaktischen Sprachleistungen zurückgegriffen werden. Es umfasste 40 Wörter unterschiedlicher Silbenanzahl und mit unterschiedlich häufigen Konsonantenhäufungen, die dem Kind vorgesprochen wurden und von ihm korrekt nachgesprochen werden mussten. Nur ein vollständig korrekt wiederholtes Wort wurde als richtig und mit einem Punkt bewertet. Das Itemmaterial im Subtest „Zahlenfolge vorwärts“ wurde aus früheren Studien zur mathematischen Entwicklung entnommen (Krajewski, Kron & Schneider, 2004; Krajewski & Schneider et al., 2008; Krajewski & Schneider, 2009b). Hier wurden den Kindern in zwölf Aufgaben zwei bis sieben einsilbige Zahlwörter vorgetragen, die es sich merken und unmittelbar nach vollendeter verbaler Präsentation aller Zahlwörter wiedergeben musste. Das Wortmaterial des Subtests „Wortspanne einsilbig vorwärts“ stammte aus einer Vorläuferversion der Arbeitsgedächtnistestbatterie für Kinder von 5 bis 12 Jahren (Hasselhorn et al., 2012). In diesem Subtest hatte das Kind in zehn Aufgaben zwei bis sechs Wörter in richtiger Reihenfolge zu wiederholen. Die Subtests zur Zahlenfolge und Wortspanne waren so konstruiert, dass nur neun Wörter mit einer Silbe enthalten waren, um eine Konfundierung mit der Wortlänge zu vermeiden. Zu jeder Ziffernanzahl und jeder Wortanzahl wurden zwei Sequenzen präsentiert. Wurden beide Sequenzen vom Kind falsch wiederholt, wurde die weitere Durchführung abgebrochen. Nur eine vollständig richtige Wiederholung der Ziffern- oder Wortfolge wurde als richtig bewertet.

Der Leistungsstand im Bereich der *zentralen Exekutive* wurde mit den Subtests „Zahlenfolge rückwärts“ (8 Aufgaben) und „Wortspanne einsilbig rückwärts“ (10 Aufgaben) festgestellt. In der „Zahlenspanne rückwärts“ wurden zwei bis fünf Zahlwörter präsentiert, die in umgekehrter Reihenfolge wiedergegeben werden mussten. Im Subtest „Wortspanne einsilbig rückwärts“ mussten zwei bis sechs einsilbige Wörter im umgekehrter Reihenfolge wiederholt werden. Zu jeder Zahlwort- bzw. Wortanzahl wurden zwei Sequenzen präsentiert. Itemmaterial, Abbruchkriterium und Bewertungsrichtlinien waren analog den Subtests „Zahlenspanne vorwärts“ und „Wortspanne einsilbig vorwärts“.

Mit den Subtests „Matrixspanne“ und „Corsi-Block vorwärts“ wurden die Fähigkeiten im Bereich des *visuell-räumlichen Notizblockes* erhoben. Der Subtest „Matrixspanne“ wurde von Wilson, Scott & Power (1987) entwickelt, um Entwicklungsunterschiede in der Merkspanne untersuchen zu können. Nach einer kurzen Präsentation (max. zwei Sekunden) schwarz ausgefüllter Felder in einem neun Felder Quadrat wurde das Kind aufgefordert, die schwarzen Felder auf einem entsprechenden Blankobogen zu zeigen. Insgesamt wurden dem Kind 14 Aufgaben mit ansteigender Anzahl schwarzer Felder vorgelegt. Für jede richtige Lösung wurde ein Punkt vergeben.

Das Material zum Subtest „Corsi-Block“ beruhte auf einer Studie von Milner (1971). Dem Kind wurde ein Blatt mit sechs Feldern vorgelegt. Diese Felder wurden vom Testleiter in einer bestimmten Reihenfolge und einer vorgegebenen Anzahl an Zügen abgelaufen. Die Anzahl der Züge stieg über die Aufgaben hinweg von einem bis zu vier Zügen an. Das Kind musste die Züge in der exakten Reihenfolge wiederholen. Um die Aufgabe kindgerecht zu gestalten, wurde sie in den Rollen „Räuber“ für den Testleiter und „Polizist“ für das Kind durchgeführt. Insgesamt wurden 16 Aufgaben gestellt, von denen nur die vollständig richtig wiederholten mit einem Punkt bewertet wurden.

### *Faktenabruf aus dem Langzeitgedächtnis*

Der Zugriff auf das Langzeitgedächtnis wurde mit Aufgaben zum schnellen Benennen von Objekten, überprüft. Das Aufgabenformat wurde ursprünglich von Goswami, Schneider und Scheurich (1999) entwickelt und bereits in den Würzburger Studien zum Schriftspracherwerb und zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen (u.a. Krajewski & Schneider, 2009b; Metz, Marx, Weber & Schneider, 2003) eingesetzt. Krajewski (2003) verwendete dieses Aufgabenformat in Anlehnung an die Würzburger Studien auch für den Abruf von Ziffern und Würfelbildern. Die Kinder mussten sechs verschiedene Ziffern, Würfelbilder oder Objekte, die jeweils drei Mal in zufälliger Reihenfolge wiederholt vorkommen, so schnell wie möglich und mit möglichst wenigen Fehlern benennen. Zur Bewertung wurde der Mittelwert der z-transformierten Zeit verwendet, sofern nicht weniger als 17 der 18 möglichen Antworten in einem Subtest richtig waren.

### *5.2.3 Zum ersten Follow-Up*

Zur Bemessung der längerfristigen Fördereffekte wurde in der zweiten Woche nach Einschulung der teilnehmenden Kinder der Leistungsstand in den mathematischen Basiskompetenzen erhoben. Dabei kam der Test zur Erfassung mathematischer Basiskompetenzen ab Einschulung in der Kurzform (MBK 1, Ennemoser et al., 2018) zum Einsatz. Krajewski und Ennemoser (2013) berichten für den MBK-1 eine sehr gute Retest-Reliabilität ( $r = .75$  bis  $r = .77$ ) und eine sehr gute interne Konsistenz (Cronbachs alpha) über alle vier Quartale zwischen .89 und .93. Auch die Werte zur konvergenten und diskriminanten Validität (z.B. DEMAT 1+:  $r = .62$ ; ELFE 1-6: keine signifikante Korrelation) sprechen für das Verfahren. Es konnten insgesamt 28 Punkte erzielt werden.

#### 5.2.4 Zum zweiten Follow-Up

Zum zweiten Follow-Up wurde erneut der MBK-1 durchgeführt, allerdings dieses Mal in der Langversion. Maximal konnten 49 Punkte erzielt werden. Zusätzlich konnten zu diesem Zeitpunkt erstmalig basale Rechenkompetenzen erhoben werden. Diese wurden anhand der Rechentreppe aus dem MBK - 1 (vgl. auch Krajewski, 2003) überprüft. Die Probanden hatten für 20 Additions- und 10 Subtraktionsaufgaben im Zahlenraum bis 10 jeweils 80 Sekunden Zeit. Für jede richtige Aufgabe der Rechentreppe wurde ein Punkt vergeben.

Außerdem wurden die intellektuellen Fähigkeiten erneut überprüft. Dazu kamen dieses Mal die Subtest drei bis fünf aus dem Culture Fair Intelligence Test (CFT-1; Weiß & Osterland, 1997) zum Einsatz. Der CFT-1 ist ein häufig verwendeter Gruppentest zur Bemessung der intellektuellen Fähigkeiten. Dabei geht er relativ sprachfrei vor, da figurale Abbildungen verwendet werden. Die drei verwendeten Subtests messen die fluide Intelligenz. Die Split-Half-Reliabilitäten für beiden Paralleltestformen belaufen nach Angabe der Autoren sich auf  $r = .90$  und  $r = .91$ . Wenn jede Aufgabe richtig gelöst wurde, konnten maximal 36 Punkte erreicht werden.

#### 5.2.5 Protokollierungen während der Förderung

Die Fördergruppenleiter wurden dazu aufgefordert für jede Förderstunde zu notieren, wer gefehlt hat und was gut oder schlecht gelaufen war. So konnte festgestellt werden, welche Kinder ausreichend häufig an der Förderung teilgenommen haben und Verbesserungen für zukünftige Durchführungen entwickelt werden.

Zusätzlich beobachteten zwei studentische Hilfskräfte in jeder Fördergruppe eine Fördersitzung vor Ort. Zur Einschätzung der Förderqualität lag ihnen ein Beobachtungsbogen (siehe Anhang B) vor. Eine Hilfskraft beobachtete den Gruppenleiter und die jeweils andere die Kinder. Die beiden Hilfskräfte wurden im Umgang mit dem Beobachtungsbogen durch Mitarbeiter des Projekts anhand von Videos geschult.

Die *Beobachtung des Gruppenleiters* konnte allerdings in der Prüfung von Testgütekriterien nicht überzeugen und wird daher in dieser Studie nicht berücksichtigt. Der Vollständigkeit halber ist der eingesetzte Fragen in Anhang B zu finden.

Die *Beobachtung der Kinder* erfolgte über eine Markierung des OnTask- und OffTask-Verhaltens pro 10-Sekunden-Intervall der teilnehmenden Kinder während der gesamten Sitzung. Das OnTask-Verhalten wurde in die vier Items „handelt“, „verbalisiert“, „hilft“ und „lobt“ unterteilt. Die Items „spricht laut“, „abgelenkt“ und „stört“ bildeten die Skala für das OffTask-Verhalten. Die Items und deren Operationalisierung können Tabelle 6 entnommen werden. Zur Markierung der Verhaltensweisen wurde ein Kind für zehn Sekunden beobachtet. Anschließend wurde angekreuzt, ob eine oder mehrere der oben beschriebenen Verhaltensweisen im Beobachtungszeitraum erfasst wurden.

Mehrfachnennungen waren also möglich. Erst nach dem Setzen der Kreuze wurde die Beobachtung des nächsten Kindes begonnen. Um die zehn Sekunden Intervalle gut einhalten zu können, erhielt der Beobachter eine Tondatei, die nach neun Sekunden einen tiefen Ton und nach zehn Sekunden einen hohen Ton enthielt und insgesamt 30 Minuten lang war. Beim tiefen Ton mussten die Einschätzungen notiert werden. Nach dem hohen Ton musste die Beobachtung des nächsten Kindes beginnen. Um zu gewährleisten, dass alle Kinder einer Fördergruppe gleich häufig beobachtet wurden, wurde eine Beobachtungsreihenfolge durch den Beobachter festgelegt, die sich nach Ablauf eines Durchgangs wiederholte. Durch dieses Vorgehen wurden Kinder einer Fördergruppe mit wenigen Kindern häufiger beobachtet als Kinder in einer Fördergruppe mit einer höheren Teilnehmerzahl. Zusätzlich hing die Anzahl an Beobachtungen von der Sitzungsdauer ab. Die minimale Anzahl an protokollierten 10-Sekunden-Intervallen lag bei 8, die maximale bei 36. Daher wurde die Häufigkeit einer Verhaltensweise in Relation zur Anzahl der 10-Sekunden-Intervalle gesetzt. Somit wurde ein Durchschnittswert ermittelt, der in die nachfolgenden Analysen einfließt. Die Analysen möglicher Einflüsse der Verhaltensweisen auf den Fördererfolg wurden z-transformierte Mittelwerte innerhalb jeder Trainingsmethode verwendet.

*Tabelle 6: Items und deren Operationalisierung zur Kinder-Beobachtung während der Förderung*

<b>Handelnd:</b>	Beschäftigt sich nonverbal mit durch Aufgabenstellung vorgegebenen Material
<b>Verbalisiert:</b>	Das Kind äußert sich zu einem mathematischen Sachverhalt
<b>Hilft:</b>	Kind gibt einem anderen Kind eine Hilfestellung
<b>Lobt:</b>	Kind lobt ein anderes Kind
<b>Spricht laut:</b>	Kind nutzt eine laute Stimme, wodurch andere (potentiell) gestört werden. Dieses Item wird immer in Kombination mit einem anderen Item genutzt.
<b>Abgelenkt:</b>	Träumt, schaut im Raum umher, mathematikfremde, nicht störende Tätigkeit
<b>Stört:</b>	Stört andere durch Gespräche, Geräusche oder andere Handlungen

Da dieses Verfahren für die vorliegende Studie entwickelt wurde, erfolgt nachfolgend eine kurze Analyse der Gütekriterien und eine faktorenanalytische Überprüfung, ob die Items in die zwei Faktoren „On-Task“ und „Off-Task“-Verhalten eingeteilt werden können.

Für insgesamt 262 von 309 geförderten Kindern (84,8%) lagen Daten zu ihrem Verhalten während einer Fördersitzung vor. Die Verhaltensweisen konnten naturgemäß unterschiedlich häufig beobachtet werden. Am häufigsten konnte „handelndes“ Verhalten beobachtet werden. Als zweithäufigste Verhaltensweise wurde „abgelenkt“ gefunden. Fast gar nicht konnte „lobendes“ Verhalten identifiziert werden ( $M = 0.001$ ,  $SD = 0.007$ ). Daher wurde dieses Item für die nachfolgenden Analysen nicht berücksichtigt (s. Tabelle 7).

Die Items waren so operationalisiert, dass sie OnTask- und OffTask-Verhalten abbilden sollten. Dies wird nachfolgend mit einer Hauptachsenfaktorenanalyse statistisch überprüft. Angenommen wird eine zwei Faktorenmatrix mit den Faktoren OnTask-Verhalten (handelnd, verbalisiert, hilft) und



OffTask-Verhalten (spricht laut, abgelenkt, stört). Die Kommunalitäten bewegen sich laut Bühner (2006) mit einem  $N = 200$  und  $h^2 > 0,50$  in einem fairen Bereich. Da die geringste anfänglich Kommunalität im Item „hilft“  $h^2 = 0,50$  beträgt, können die von Bühner (2006) gestellten Anforderungen als erfüllt gelten (s. Tabelle 8).

*Tabelle 7: Deskriptive Statistik zum Beobachtungsbogen "Verhalten der Kinder während der Förderung"*

	<i>N</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
handelnd	262	.00	.88	.2303	.18103
verbalisiert	262	.00	1.00	.1058	.10290
hilft	260	.00	.20	.0068	.02404
lobt	262	.00	.06	.0010	.00727
spricht laut	262	.00	.43	.0410	.07372
abgelenkt	262	.00	.71	.1512	.14760
stört	262	.00	.50	.0495	.07983

*M* = z-transformierte Relation der „Anzahl des gezeigten Verhaltens“ zur Anzahl beobachteter 10-Sekunden-Intervalle

In der Faktorenmatrix (s. Tabelle 9) wird deutlich, dass auf Faktor 1 die Items „spricht laut“, „abgelenkt“ und „stört“ positiv laden. Sie bilden theoriekonform die Skala OffTask-Verhalten. Auf Faktor 2 laden die Items „handelnd“, „verbalisiert“ und „hilft“ positiv. Diese bilden theoriekonform die Skala „OnTask-Verhalten“. Diese zweifaktorielle Struktur kann ebenfalls im Screeplot abgeleitet werden. Die Korrelation der beiden Skalen beträgt  $r = -.12$ , was gut zum theoretischen Hintergrund passt, das OnTask- und OffTask-Verhalten gegensätzlich Konstrukte darstellen.

*Tabelle 8: Kommunalitäten*

	<i>Anfänglich</i>	<i>Extraktion</i>
handelnd	.121	.174
verbalisiert	.095	.114
hilft	.050	.046
spricht laut	.768	.998
abgelenkt	.186	.490
stört	.771	.780

Extraktionsmethode: Hauptachsen-Faktorenanalyse.

*Tabelle 9: Faktorenmatrix*

	<i>Faktor</i>	
	<i>1</i>	<i>2</i>
handelnd	-.148	<b>.390</b>
verbalisiert	.088	<b>.326</b>
hilft	.000	<b>.216</b>
spricht laut	<b>.984</b>	.170
abgelenkt	<b>.187</b>	-.674
stört	<b>.883</b>	-.013

Extraktionsmethode: Hauptachsenfaktorenanalyse.

Mit der identifizierten Faktorenanzahl werden in den nachfolgenden Analysen die Skalen OnTask- und OffTask-Verhalten verwendet. Sie werden gebildet als Mittelwert der jeweiligen Itemwerte. Die darauf aufbauende Reliabilitätsprüfung ergibt für OnTask-Verhalten ein Cronbachs  $\alpha = .27$  und für das OffTask-Verhalten ein Cronbachs  $\alpha = .64$ . Es bleibt abschließend darauf hinzuweisen, dass die Itemanzahl pro Faktor sehr klein ist. Auch liegt ein  $N < 300$  vor. Das Kaiser-Meyer-Olkin-Maß ( $KMO = .52$ ) ist schlecht (Kaiser & Rice, 1974). Daher müssen die Ergebnisse in einer weiteren Studie repliziert werden, damit sie belastbar interpretiert werden können (Bortz & Schuster, 2010; Guadagnoli & Velicer, 1988). Da allerdings die Items mit den höchsten Faktorladungen die „Markiervariablen“ (Guadagnoli & Velicer, 1988) darstellen und Bortz & Schuster (2010) empfehlen, die Voraussetzungen für eine explorative Faktorenanalyse nicht „allzu rigide“ (Bortz & Schuster, 2010, S. 422) zu handhaben, kann die hier ermittelte Faktorenstruktur, die im Einklang mit der theoriegeleiteten Skalenbildung ist, unter Vorbehalt einer noch ausstehenden Replizierung verwendet werden.

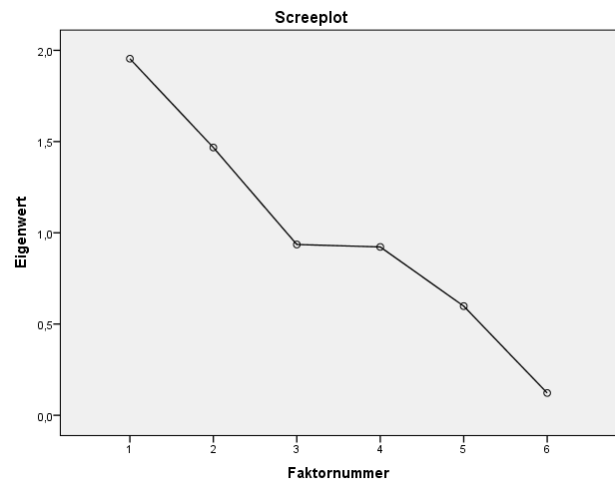


Abbildung 8: Screeplot zur Bestimmung der Faktorenanzahl (Beobachtung des Kinderverhaltens)

### 5.3 Statistisches Verfahren

Die statistischen Analysen wurden überwiegend mit dem Programm SPSS 23 durchgeführt. Da manche Analysen wie zum Beispiel die Berechnung von *Cohens d* (Cohen, 1977) darin nicht enthalten sind, musste auch auf andere Programme zurückgegriffen werden, die jeweils separat angegeben sind.

#### 5.3.1 Korrelationsanalysen

Mit einer Ausnahme (Items aus Block 1 der Gruppenleiterbeobachtung) sind alle Variablen der vorliegenden Arbeit intervallskaliert. Daher werden ausschließlich Pearson-Korrelationen berechnet.

#### Regressionsanalysen

Mit einer Regressionsanalyse wird der Einfluss einer Prädiktorvariable auf eine Kriteriumsvariable bestimmt (Bortz & Schuster, 2010). Anhand dieser Methode soll der Einfluss der Verhaltensweisen im Peer-Team auf den Fördererfolg bestimmt werden. Dazu werden Differenzen zwischen den Leistungsausprägungen innerhalb eines Teams berechnet und beiden Rollen als Variable zugewiesen. Außerdem werden die Leistungsausprägungen innerhalb eines Teams ausgetauscht also der jeweils anderen Rolle zugeschrieben, um bestimmen zu können, ob Leistungsausprägungen der jeweils anderen Rolle Einfluss auf den „eigenen“ Fördererfolg nimmt (vgl. Müller et al., 2015). Da dies in der pädagogischen Psychologie ein ungewöhnliches Vorgehen ist, ist die jeweilige Syntax exemplarisch für

eine Variable im Anhang C zu finden. Zum einen dient die Analyse also dazu die Konstruktvalidität des Beobachtungsbogens zu bestimmen. Zum anderen kann darüber hinaus untersucht werden, ob ein möglicher Fördererfolg auf die protokollierten Verhaltensweisen oder auf programmimmanente Inhalte und Maßnahmen zurückzuführen ist.

Eine erste Voraussetzung für die Durchführung einer Regressionsanalyse ist das Vorliegen einer Normalverteilung in allen Variablenausprägungen, die in die Analyse eingehen. Diese Voraussetzung kann aber vernachlässigt werden, wenn das Verhältnis zwischen Variablenanzahl und Stichprobengröße ausreichend groß ist. Bortz und Schuster (2010) nennen dazu Werte von  $n > 40$  und  $k < 10$ . Zweitens führt das Vorliegen von Kollinearität zu Interpretationsproblemen. Kollinearität liegt dann vor, wenn die Prädiktorvariablen zu hoch miteinander korrelieren. Ein Maß für die Kollinearität ist der Variance Inflation Factor (VIF-Wert). Nach Belsley, Kuh & Welsch (1980) sollte dieser nicht über 10 liegen (s. auch Cohen, Cohen, West & Aiken, 2003; Neter, Kutner, Nachtsheim & Wasserman, 1996). Der höchste gefundene VIF-Wert in dieser Studie beträgt 2.757, wobei alle anderen VIF-Werte kleiner zwei bleiben.

### 5.3.2 Mittelwert-Unterschiede

Zur Überprüfung von Mittelwertunterschieden zwischen zwei Stichproben, z.B. Anzahl beobachteter Verhaltensweisen in beiden Experimentalgruppen, wird der t-Test bei unabhängigen Stichproben verwendet. Dieses Verfahren kann angewendet werden, wenn die beiden verwendeten Stichproben unabhängig voneinander und die Varianzen gleich sind. Außerdem muss das untersuchte Merkmal in beiden Stichproben normalverteilt sein (Bortz & Schuster, 2010). Bortz und Schuster (2010) fassen Forschungsergebnisse zur Robustheit des t-Tests zusammen und kommen zu dem Schluss, dass dieser gegen Verletzungen der Voraussetzungen robust ist. Dies trifft dann zu, wenn die Stichprobenumfänge gleich groß sind und in beiden Stichproben eine eingipflige symmetrische Verteilung des Merkmals vorliegt. Solange die Varianzen in beiden Stichproben gleich sind, müssen die Stichproben nicht gleich groß sein. Ansonsten neigt der t-Test zu progressiven Entscheidungen.

### 5.3.3 Varianzanalysen

Varianzanalysen eignen sich um Gruppenunterschiede bei einem Untersuchungsdesign mit mehr als zwei Gruppen zu untersuchen. Daher wird zur Bestimmung von Vortestunterschieden eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) gerechnet. Da in der vorliegenden Studie der Trainingserfolg vom Leistungsniveau vor dem Training abhängig sein könnte, werden Kovarianzanalysen (ANCOVA) gerechnet, wobei die Vortestleistung als Kovariate mit in die Analysen eingeht. In diesem Analyseverfahren beeinflussen die Vortestunterschiede zwischen den Personen das Untersuchungsergebnis nicht (Bortz & Schuster, 2010). Obwohl in der vorliegenden Studie die Veränderung über die Zeit ermittelt werden sollte, konnte keine ANCOVA mit Messwiederholung berechnet werden. Aufgrund des rasch steigenden Kompetenzniveaus mussten zu den verschiedenen Messzeitpunkten unterschiedliche Testverfahren eingesetzt werden, um die Schwierigkeit der Aufgaben

so anzupassen, dass eine valide und reliable Erfassung der Leistung gewährleistet werden konnte. Als Voraussetzung für die Durchführung einer ANCOVA gelten dieselben, wie für eine ANOVA (Bortz & Schuster, 2010). Obwohl die Auswirkung von Voraussetzungsverletzungen diskutiert wird, kommt Levy (1980) zu dem Schluss, dass die ANCOVA nur dann kontraindiziert ist, wenn die Innerhalb-Regressionen heterogen, die Stichproben nicht gleich groß und die Residuen nicht normalverteilt sind. Wu (1984) berichtet von unbedeutenden Testverzerrungen, wenn die Unterschiede zwischen den standardisierten Regressionssteigungen kleiner als 0,4 sind. Außerdem sollte eine signifikante Korrelation zwischen der abhängigen Variable und der Kovariate bestehen (Bortz & Schuster, 2010).

#### 5.3.4 Effektstärkeanalysen

Zur Bestimmung der Effektivität eines Trainings reicht die Angabe, ob sich die Trainingsgruppen signifikant von den anderen Gruppen unterscheiden, nicht aus, da die Signifikanz auch von der Stichprobengröße abhängig ist (Klauer, 2001) und eine unterschiedliche Leistungsentwicklung signifikant werden kann, obwohl der Effekt gering ist. Die Größe und Bedeutung des Ergebnisses kann also nicht an der Signifikanz abgelesen werden (Langfeldt, 2009). Aus diesem Grund wird zur Beurteilung einer Trainingswirksamkeit neben der Signifikanz auch ein Maß zur Bestimmung der Effektgröße angegeben (Groeben & Hurrelmann, 2006; Klauer, 2001; Langfeldt, 2009). Ein solches Maß hat Cohen (1977) entwickelt. Dieses Maß wird daher *Cohens d* genannt. Es hat den Vorteil ein standardisiertes Maß zu sein, welches unabhängig vom eingesetzten Messinstrument ist. Die Unabhängigkeit wird mathematisch durch die Division von Mittelwertdifferenzen zwischen den Experimentalgruppen und der Standardabweichung erreicht. *Cohens d* eignet sich aber nur, wenn keine Vortestunterschiede bestehen. Ist dies jedoch der Fall, so muss das um die Vortestunterschiede bereinigte Maß ( $d_{\text{kor}}$ ) verwendet werden, welches Klauer (1993) als  $d_{\text{kor}} = d_{\text{Nachtest}} - d_{\text{Vortest}}$  definiert. Dabei kommt nicht die einfache, sondern die gepoolte Standardabweichung zum Einsatz. Alle Formeln sind bei Klauer (1993, S. 58) dargestellt.

Die Berechnung von *Cohens d* ist in SPSS nicht integriert und erfolgte daher in Excel.

## 6 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der oben beschriebenen Studie dargestellt. Dazu werden alle Fälle berücksichtigt, die vollständig am Vortest und am Nachtest und am erstem Follow-Up teilgenommen haben. Darüber hinaus mussten die geförderten Kinder mindestens an 50% der Sitzungen teilgenommen haben. Zu Beginn werden deskriptive Statistiken und Voranalysen und anschließend die kurz- sowie längerfristigen Effekte der Trainings beschrieben. Darunter fällt auch die Betrachtung von Transfereffekten und der Möglichkeit zur Prävention von Rechenschwäche durch die beiden Fördermethoden. Die Überprüfung der Treatment-Validität erfolgt unmittelbar danach. Abschließend wird untersucht, ob bestimmte Differenzen zwischen Trainer und Sportler auf den Fördererfolg wirken und ob bestimmte Leistungsausprägungen der jeweils anderen Rolle Einfluss auf die eigene Leistungsentwicklung hat.

### 6.1 Deskriptive Statistik und Voranalysen

Die folgende Darstellung der deskriptiven Statistiken und Voranalysen ist in zwei Bereiche aufgeteilt. Begonnen wird mit den Ergebnissen zu den Verhaltensdaten, die während einer Fördersitzung durch Time-Coding erhoben wurden. Im zweiten und abschließenden Teil dieses Unterkapitels werden die Voranalysen für die folgenden Varianzanalysen berichtet, die zur empirischen Beschreibung des Fördererfolgs durchgeführt wurden. Da mit diesem Vorgehen alle notwendigen Voraussetzungsprüfungen erfolgt sind, wird keine gesonderte Voraussetzungsprüfung für die durchgeführten moderierten Regressionen beschrieben.

#### 6.1.1 Zur Analyse des Verhaltens der Kinder während einer Fördersitzung

Die deskriptiven Statistiken offenbaren sowohl auf der Ebene der einzelnen Items als auch im Score „OnTask“, dass Kinder der peer-gestützten Förderung im Mittel mehr OnTask-Verhalten zeigen als Kinder der kleingruppen-orientierten Förderung. Die statistische Prüfung des Mittelwertvergleichs ergibt, dass der Unterschied signifikant ist. Für das OffTask-Verhalten zeigt sich ein tendenzieller Unterschied zwischen den beiden Fördermethoden, der ein selteneres OffTask-Verhalten in der peer-gestützten Förderung als in der kleingruppen-orientierten Förderung offenbart, aber statistisch nicht abgesichert werden konnte (s. Tabelle 10, S. 91).

In der folgenden Analyse wird der Leistungsstand mathematischer Kompetenzen zu verschiedenen Zeitpunkten mit den Ausprägungen der gemessenen Verhaltensweisen korreliert. Dabei wird getrennt nach Fördermethode vorgegangen. Es zeigt sich erwartungsgemäß ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen OnTask- und OffTask-Verhalten in beiden Fördermethoden. Ebenfalls theoriekonform ist die negative Korrelation zwischen OffTask-Verhalten in der kleingruppen-orientierten Förderung und dem mathematischen Leistungsstand unmittelbar nach Ende der Förderung. Nicht erwartungsgemäß ist die signifikante negative Korrelation zwischen dem OnTask-Verhalten in

## Ergebnisse

der peer-gestützten Förderung und dem mathematischen Leistungsstand unmittelbar und sechs Monate nach der Förderung (s. Tabelle 11 und Tabelle 12, S. 91), da sie nahelegt, dass ein hohes OnTask-Verhalten zu einem geringeren Lernerfolg führen könnte. Dieser erwartungswidrige Zusammenhang sollte daher mittels Regressionsanalysen überprüft werden, um eine höhere Evidenz für dieses Ergebnis zu erhalten.

*Tabelle 10: Vergleich nach Fördermethode und Mittelwertvergleiche (Rohwerte) der Verhaltensbeobachtung bei geförderten Kindern*

	<i>Min</i>		<i>Max</i>		<i>M</i>		<i>SD</i>		<i>t-Test</i>
	Peer	KGT	Peer	KGT	Peer	KGT	Peer	KGT	
handelnd <sup>a</sup>	0.00	0.00	0.88	0.47	0.33	0.13	0.20	0.09	$t(175,712) = -10.23$ $p = .000$
verbalisiert <sup>a</sup>	0.00	0.00	10.00	0.31	0.13	0.09	0.13	0.07	$t(199,647) = -3.07$ $p = .002$
hilft <sup>a</sup>	0.00	0.00	0.20	0.09	0.01	0.00	0.03	0.01	$t(160,58) = -2.865$ $p = .005$
OnTask <sup>a</sup>	0.00	0.00	0.60	0.24	0.16	0.07	0.08	0.04	$t(182,199) = -10.36$ $p = .000$
spricht laut	0.00	0.00	0.43	0.39	0.04	0.04	0.07	0.07	$t(260) = 0.565$ <i>n.s.</i>
abgelenkt	0.00	0.00	0.71	0.67	0.14	0.16	0.16	0.14	$t(260) = 0.654$ <i>n.s.</i>
stört	0.00	0.00	0.50	0.35	0.05	0.05	0.08	0.08	$t(260) = 0.095$ <i>n.s.</i>
OffTask	0.00	0.00	0.55	0.26	0.08	0.09	0.08	0.07	$t(260) = 1.169$ <i>n.s.</i>

KGT: kleingruppen-orientierte Förderung (n = 132), Peer: peer-gestützte Förderung (n = 130)

<sup>a</sup> Aufgrund von Varianzgleichheit mussten die Freiheitsgrade angepasst werden.

*Tabelle 11: Korrelation zwischen OnTask- und OffTask-Verhalten und mit dem mathematischen Leistungsstand zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb der peer-gestützten Förderung*

	<i>OnTask</i> (N=130)	<i>OffTask</i>
OffTask (N = 130)	-.350**	1
Mathe (2. MZP)	-.175*	.018
MBK-1 (4. MZP)	-.123	-.036

\*\*  $p < .01$ ; \*  $p < .05$

*Tabelle 12: Korrelation zwischen OnTask- und OffTask-Verhalten und mit dem mathematischen Leistungsstand zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb der kleingruppen-orientierten Förderung*

	<i>OnTask</i> (N=132)	<i>OffTask</i>
OffTask (N = 132)	-.121	1
Mathe (2. MZP)	-.025	-.195*
MBK-1 (4. MZP)	-.001	-.138

\*\*  $p < .01$ ; \*  $p < .05$

### 6.1.2 Zur Analyse der Wirksamkeit

Zunächst werden deskriptive Statistiken zu inhaltsnahen und inhaltsfernen Leistungsparametern berichtet. Darin enthalten ist die Analyse von Vortestunterschieden zwischen den einzelnen Experimentalgruppen. Abschließend werden die Zusammenhänge zwischen den inhaltsnahen und inhaltsfernen Leistungsparametern beschrieben.

Nachfolgend werden die Voraussetzungen für Varianzanalysen geprüft und Vortestunterschiede benannt. Die Differenz der standardisierten Residuen zwischen den Gruppen beträgt 0 und erfüllt daher das von Wu (1984) aufgestellte Voraussetzungskriterium. Der Shapiro-Wilk-Test widerlegt die Normalverteilung der Residuen für alle in Tabelle 13 aufgelisteten Merkmale. Die Gruppenunterschiede wurden mittels einer einfaktoriellen ANOVA berechnet. Dazu wurden die z-transformierten Scores für die einzelnen Leistungen als abhängige Variable und die Zugehörigkeit zur Experimentalgruppe als Faktor definiert. Im Hauptkriterium, der mathematischen Kompetenz, liegen keine Vortestunterschiede vor ( $F[2, 520] = 0.853; p > .05$ ). Gleiches gilt für den Langzeitgedächtnisabruf ( $F[2, 515] = 1.730, n.s.$ ), den Entwicklungsstand der Phonologischen Bewusstheit ( $F[2, 513] = 1.239, n.s.$ ) und die Arbeitsgedächtnisleistung ( $F[2, 499] = 2.578, n.s.$ ). Es zeigen sich aber signifikante Vortestunterschiede für die Intelligenz und den Sprachentwicklungsstand (Intelligenz:  $F[2, 520] = 3.532, p < .05$ ; Sprachentwicklungsstand:  $F[2, 522] = 4.042, p < .05$ ). Mittels einer nachgeschalteten Post-Hoc-Analyse mit Bonferroni-Adjustierung lässt sich in der Intelligenzleistung ein signifikanter Gruppenunterschied zwischen kleingruppen-orientierter Förderung und Kontrollgruppe spezifizieren. Die Kinder der kleingruppen-orientierten Förderung weisen zum Vortest eine durchschnittlich höhere Intelligenzleistung auf als die Kontrollgruppe (mittlere Differenz = -0.278 mit  $KGT > KG, p < .05$ ). Die anderen Vergleiche sind nicht signifikant. Im Vergleich des Sprachentwicklungsstandes weist die kleingruppen-orientierte Förderung ein höheres Ausgangsniveau als die peer-gestützte Förderung auf (mittlere Differenz = -0.267 mit  $KGT > Peer, p < .05$ ). Die anderen Vergleiche sind nicht signifikant. Eine Zusammenfassung der Analysen ist Tabelle 13 zu entnehmen. Weitere deskriptive Statistiken sind in Tabelle 14, Tabelle 15 und Tabelle 16 zu finden.

Nach Bortz und Schuster (2010) muss eine signifikante Korrelation zwischen abhängiger und unabhängiger Variable vorliegen, damit eine Varianzanalyse interpretiert werden darf. Die Korrelation zwischen der Vortestleistung im Score mathematische Kompetenz als unabhängige Variable und der Nachtestleistung im Score mathematische Kompetenz als abhängige Variable innerhalb der Experimentalgruppen beträgt zwischen  $r = .89$  beim Vergleich der Testleistungen innerhalb der kleingruppen-orientierten Förderung und  $r = .91$  beim Vergleich innerhalb der Kontrollgruppe und ist jeweils hoch signifikant. Auch die Zusammenhänge zwischen Vortestleistung und den entsprechenden Follow-Up-Untersuchungen sind in jeder Experimentalgruppe signifikant. Die übrigen Vergleiche über alle Experimentalgruppen hinweg zeigen ausschließlich signifikante Zusammenhänge, die erwartungsgemäß im mittleren Bereich liegen. Die Korrelation zwischen Langzeitgedächtnisabruf und

## Ergebnisse

den übrigen Leistungsmerkmalen ist in allen Fällen negativ, da für die Variable „Langzeitgedächtnis“ ein Maß für die Abrufgeschwindigkeit benutzt wurde und somit kleine Werte ein „gutes“ Ergebnis darstellen und es bei allen anderen Leistungsvariablen umgekehrt ist. Einen Ergebnisüberblick über die Korrelationsmatrizen bietet Tabelle 17 auf Seite 95.

*Tabelle 13: Überprüfung von Vortestunterschieden*

		<i>N</i>	<i>M</i> ( <i>min - max</i> )	<i>SD</i>	ANOVA
Mathematische Kompetenz	KG*	214	-0.03 (-2.49 – 1.9)	0.96	<i>F</i> (2, 512) = 1.131 <i>n.s.</i>
	Kleingruppe	152	0.1 (-2.2 – 1.8)	1.00	
	Peer	157	-0.06 (-2.39 – 1.68)	1.05	
Intelligenz	KG*	214	-0.12 (-2.9 – 2.6)	0.97	<i>F</i> (2, 520) = 3.532 <i>p</i> < .05
	Kleingruppe	152	0.15 (-2.7 – 2.2)	1.0	
	Peer	157	0.02 (-3.7 – 2.4)	1.00	
Arbeitsgedächtnis	KG*	200	-0.05 (-3.89 – 2.00)	1.00	<i>F</i> (2, 497) = 2.578 <i>n.s.</i>
	Kleingruppe	145	-0.10 (-3.68 – 2.11)	0.99	
	Peer	155	0.15 (-2.61 – 2.54)	1.01	
Langzeit- gedächtnisabruf	KG*	211	-0.02 (-1.2 – 4.9)	0.75	<i>F</i> (2, 515) = 1.73 <i>n.s.</i>
	Kleingruppe	152	-0.16 (-1.0 – 2.6)	0.65	
	Peer	155	-0.04 (-1.2 – 3.8)	0.80	
phonologische Bewusstheit	KG*	211	-0.07 (-2.4 – 1.6)	1.04	<i>F</i> (2, 513) = 1.239 <i>n.s.</i>
	Kleingruppe	150	0.1 (-2.4 – 1.6)	1.00	
	Peer	155	-0.18 (-2.4 – 1.5)	0.93	
Sprachfertigkeiten	KG*	214	0.01 (-3.5 – 1.4)	0.87	<i>F</i> (2, 520) = 4.042 <i>p</i> < .05
	Kleingruppe	152	0.08 (-2.5 – 1.4)	0.76	
	Peer	157	-0.18 (-3.2 – 1.5)	0.93	

\*Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird die Kontrollgruppe als KG abgekürzt.



## Ergebnisse

*Tabelle 14: deskriptive Statistik der mathematischen Kompetenz zum Nachtest, erstem Follow-Up und zweitem Follow-Up nach Untersuchungsgruppen in z-Werten*

	N	Nachtest M (min - max)	SD	N	1. Follow-Up M (min - max)	SD	N	2. Follow-Up M (min - max)	SD
KG*	208	-0.02 (-2.36 – 1.39)	0.79	143	-0.05 (-3.12 – 1.51)	0.99	160	-0.06 (-2.92 – 1.14)	0.98
KGT	152	0.07 (-2.34 – 1.11)	0.78	130	0.08 (-2.88 – 1.51)	0.95	134	0.18 (-3.13 – 1.14)	0.84
Peer	157	0.03 (-2.47 – 1.11)	0.80	125	-0.04 (-2.79 – 1.51)	1.07	128	-0.11 (-3.76 – 1.14)	1.15
Peer - Trainer	75	0.56 (-0.7 – 1.11)	0.42	66	0.60 (-1.47 – 1.51)	0.67	65	0.48 (-2.36 – 1.14)	0.70
Peer - Sportler	82	-0.44 (-2.47 – 1.07)	0.77	59	-0.75 (-2.79 – 1.18)	0.97	63	-0.71 (-3.76 – 1.14)	1.21
KGT – Student	111	0.08 (-2.34 – 1.09)	0.75	92	0.04 (-2.88 – 1.51)	0.93	96	0.18 (-3.13 – 1.14)	0.85
KGT – Erzieher	41	0.06 (-2.3 – 1.11)	0.87	38	0.18 (-2.54 – 1.35)	1.01	38	0.18 (-2.50 – 1.14)	0.84
Peer - Student	119	-0.03 (-2.26 – 1.11)	0.80	98	-0.14 (-2.79 – 1.51)	1.09	99	-0.20 (-3.57 – 1.14)	1.18
Peer - Erzieher	38	0.22 (-2.47 – 1.04)	0.82	27	0.34 (-1.96 – 1.51)	0.90	29	0.22 (-2.64 – 1.14)	0.98

\*KG = Kontrollgruppe / KGT = kleingruppen-orientiertes Training / Peer = peer-gestütztes Training

*Tabelle 15: deskriptive Statistik für Phonologische Bewusstheit und Sprachfertigkeiten zum Vor- und Nachtest in z-Werten*

		N	Vortest M (min - max)	SD	N	Nachtest M (min - max)	SD
PhoB	KG*	211	-0.07 (-2.35 – 1.63)	1.04	204	0.02 (-2.35 – 1.45)	1.0
	KGT	150	1.0 (-3.43 – 1.45)	0.99	151	-0.03 (-3.43 – 1.45)	0.99
	Peer	155	-0.02 (-2.35 – 1.63)	0.98	157	-0.04 (-2.62 – 1.45)	1.02
Sprachfertigkeiten	KG	214	0.01 (-3.46 – 1.37)	0.87	206	0.03 (-3.62 – 1.29)	0.90
	KGT	152	0.08 (-2.53 – 1.39)	0.76	151	0.05 (-2.56 – 1.15)	0.72
	Peer	157	-0.18 (-3.23 – 1.45)	0.93	157	-0.12 (-2.87 – 1.19)	0.88

\*KG = Kontrollgruppe / KGT = kleingruppen-orientiertes Training / Peer = peer-gestütztes Training

*Tabelle 16: Deskriptive Statistik für Intelligenzleistung zum Vortest und zweiten Follow-Up in z-Werten*

		N	Vortest M (min - max)	SD	N	2. Follow-Up M (min - max)	SD
Intelligenz	KG*	214	-0.12 (-2.9 – 2.57)	0.97	137	-0.08 (-2.41 – 1.99)	0.97
	KGT	152	0.15 (-2.6 – 2.2)	1.00	133	0.14 (-2.6 – 2.0)	1.01
	Peer	157	0.02 (-3.71 – 2.36)	1.02	130	-0.06 (-2.95 – 1.81)	1.01

\*KG = Kontrollgruppe / KGT = kleingruppen-orientiertes Training / Peer = peer-gestütztes Training

Tabelle 17: Korrelationsmatrix der Leistungsmerkmale

		Mathe- matische Kompetenzen (1. MZP)	Mathe- matische Kompetenzen (2. MZP)	MBK1- Kurzversion (3. MZP)	MBK1- Normversion (4. MZP)	Intelligenz	Arbeits- gedächtnis	Abrufge- schwindigkeit aus dem LZG	PhoB
Mathematische Kompetenzen (2.MZP)	KG	.905**	1						
	KGT	.885**	1						
	Peer	.896**	1						
MBK1-Kurzversion (3. MZP)	KG	.633**	.684**	1					
	KGT	.637**	.692**	1					
	Peer	.836**	.786**	1					
MBK1-Normversion (4.MZP)	KG	.589**	.687**	.679**	1				
	KGT	.657**	.734**	.729**	1				
	Peer	.747**	.753**	.813**	1				
Intelligenz	KG	.348**	.347**	.272**	.192*	1			
	KGT	.475**	.463**	.336**	.351**	1			
	Peer	.518**	.535**	.447**	.475**	1			
Arbeitsgedächtnis	KG	.602**	.629**	.522**	.428**	.356**	1		
	KGT	.507**	.572**	.354**	.404**	.317**	1		
	Peer	.620**	.625**	.493**	.483**	.389**	1		
Abrufgeschwindigkeit aus dem LZG	KG	-.503**	-.502**	-.391**	-.344**	-.241**	-.389**	1	
	KGT	-.478**	-.513**	-.422**	-.465**	-.197*	-.223**	1	
	Peer	-.524**	-.489**	-.509**	-.442**	-.256**	-.356**	1	
Phonologische Bewusstheit	KG	.570**	.591**	.323**	.350**	.322**	.490**	-.328**	1
	KGT	.484**	.511**	.382**	.357**	.440**	.417**	-.286**	1
	Peer	.505**	.528**	.457**	.481**	.276**	.410**	-.280**	1
Sprachfertigkeiten	KG	.600**	.635**	.385**	.367**	.358**	.572**	-.475**	.535**
	KGT	.545**	.553**	.265**	.345**	.390**	.443**	-.184*	.555**
	Peer	.706**	.680**	.627**	.552**	.439**	.538**	-.391**	.469**

Ergebnisse

98\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau 0.01 zweiseitig signifikant. \* Die Korrelation ist auf dem Niveau 0.05 zweiseitig signifikant.

## 6.2 Wirksamkeit der Trainings

Die Wirksamkeitsüberprüfung des peer-gestützten Trainings erfolgt durch einen Vergleich der Leistungsentwicklung mit einer zweiten Experimentalgruppe, die dasselbe Förderprogramm mit einer anderen Fördermethode durchlief, sowie mit einer Kontrollgruppe, die außer des in der Einrichtung üblichen Vorschulprogramms keine Förderung der mathematischen Vorläuferfertigkeiten erhielt. Es werden folglich Kovarianzanalysen berechnet, mit Vortestleistung als unabhängige Variable, Nachtestleistung als abhängige Variable und Gruppenzugehörigkeit als festem Faktor. Da Vortestunterschiede in potentiell einflussnehmenden Kompetenzen gefunden wurden, werden diese einzeln als weitere Kovariaten in eine zusätzliche Analyse aufgenommen, um eine Aussage zur Robustheit des Fördererfolges treffen zu können. Als Signifikanzniveau wird für die folgenden Analysen ein  $\alpha < .05$  angesetzt.

### 6.2.1 Kurzfristige Effekte

Zur Analyse der kurzfristigen Effekte wird für den Leistungsstand in Mathematik zu Vor- und Nachtest ein Score „mathematische Kompetenz“ verwendet, der aus dem MBK-0 und dem Zahlenstrahl des ZAREKI-K besteht, wobei Leistungen im Zahlenstrahl als weiterer Subtest auf Ebene 2 des MBK-0 einbezogen wurden (s. Kapitel 5.2.1). Es werden für die Analysen ausschließlich z-transformierte Variablen verwendet.

#### *Inhaltsspezifische kurzfristige Effekte in Abhängigkeit von der Vortestleistung und der Fördermethode*

Nachfolgend wird ermittelt, ob ein kurzfristiger Fördererfolg in Abhängigkeit von der Vortestleistung und der Fördermethode zu finden ist und ob dieser gegen Vortestunterschiede robust ist. Der Levene-Test für den konstanten Term auf Gleichheit der Fehlervarianzen zeigt keine Abweichung von der Nullhypothese ( $F(2,512) = 0.387$ , n.s.). Die standardisierten Residuen der abhängigen Variable sind in den Untersuchungsgruppen normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test:  $t(500) = 0.996$ , n.s.). Für die Vortestergebnisse ergibt sich ein hochsignifikanter Effekt ( $F(1,511) = 2068.918$ ,  $p = .000$ ). Dieser Effekt liegt in großer Stärke vor ( $\eta^2 = .802$ ). Ebenso ergibt sich ein Effekt für den Faktor „Experimentalgruppe“ ( $F(2,511) = 4.464$ ,  $p < .05$ ). Hier liegt ein kleiner Effekt vor ( $\eta^2 = .017$ ). In paarweisen Vergleichen mit Anpassung der Mehrfachvergleiche nach Bonferroni wird deutlich, dass sich die peer-gestützte Förderung signifikant von der Kontrollgruppe unterscheidet (mittlere Differenz =  $-.138$ ,  $p < .05$ ). Der Vergleich für die Kontrollgruppe nicht von der kleingruppen-orientierten Förderung unterscheidet (mittlere Differenz =  $-.07$ ; n.s.). In Abbildung 1 wird ersichtlich, dass die Entwicklung der Kinder in peer-gestützter Förderung besser ist als die Entwicklung von Kindern in der Kontrollgruppe. Der Effekt fällt mit  $d_{Korr} = 0.14$  sehr klein aus. Weitere Vergleiche sind nicht signifikant. Werden alle Vortestleistungen als Kovariate berücksichtigt, in denen sich signifikante Unterschiede zwischen den Experimentalgruppen ergeben haben, sind die Interpretationsvoraussetzungen weiterhin erfüllt. Die beiden oben berichteten Effekte für die Vortestleistung ( $F(1,509) = 1005.162$ ,  $p = .000$ ,  $\eta^2 = .664$ ) und für den Faktor „Experimentalgruppe“ ( $F(2,509) = 5.430$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .021$ ) bestehen weiterhin. Es ergibt

sich ein weiterer Effekt für die Sprachkompetenz ( $F(1,509) = 18.390, p < .001, \eta^2 = .035$ ). Für die Intelligenz ergibt sich kein Effekt ( $F(1,493) = 1.135, n.s.$ ). Das Ergebnisbild in den paarweisen Vergleichen ändert sich durch die Hinzunahme der weiteren Kovariaten nicht.

Kurzfristig ist also nur die Entwicklung der Kinder mit peer-gestützter Förderung gegenüber der natürlichen Entwicklung signifikant besser. Sprachkompetente Kinder scheinen unabhängig der Förderung einen höheren Kompetenzzuwachs zu erzielen.

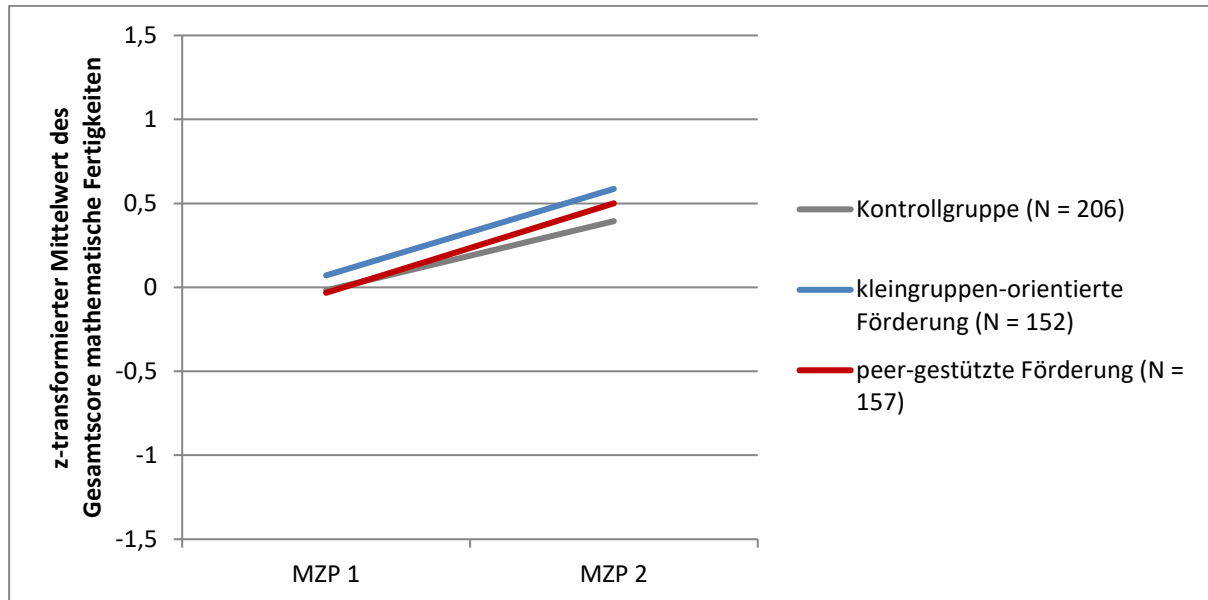


Abbildung 9: Entwicklung mathematischer Fertigkeiten von Vor- zu Nachtest nach Fördermethode

#### Inhaltsspezifische kurzfristige Effekte je nach Rolle innerhalb der peer-gestützten Förderung

Nachfolgend wird die kurzfristige Entwicklung der verschiedenen Rollen im peer-gestützten Training mit der natürlichen Entwicklung verglichen. Als fester Faktor wird eine Variable mit einer Kodierung für die Kontrollgruppe und den drei möglichen Rollen (Trainer, Sportler 1, Sportler 2<sup>10</sup>) in der peer-gestützten Förderung verwendet. Der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen zeigt eine Abweichung von der Nullhypothese an ( $F(3,359) = 5.075, p < .01$ ). Die Normalverteilung der standardisierten Residuen ist gegeben (Shapiro-Wilk:  $t(363) = 0.997, n.s.$ ). Es ergibt sich ein hochsignifikanter Effekt für die Vortestleistung ( $F(1,358) = 1192.244, p < .001, \eta^2 = .769$ ) und ein hochsignifikanter Effekt für die Rolle innerhalb der peer-gestützten Förderung ( $F(2,358) = 4.308, p < .01, \eta^2 = .035$ ). Post-hoc-Analysen mit Bonferroni-Adjustierung verdeutlichen, dass eine signifikante Differenz zwischen der Entwicklung des ersten Sportlers und der Entwicklung von Kindern in der Kontrollgruppe besteht (mittlere Differenz = 0.210 mit Sportler 1 > KG,  $p = .01$ ). Die Effektstärke zwischen diesen beiden Gruppen beträgt  $d_{Korr} = 0.30$  und fällt somit klein aus. Der Fördererfolg des zweiten Sportlers und des Trainers unterscheidet sich nicht von der Entwicklung einer Kontrollgruppe ohne spezifische Förderung. Mit Abbildung 10 wird deutlich, dass sich alle Kinder von Vor- zu Nachtest

<sup>10</sup> Sportler 2 wurde nur eingeteilt, wenn in einem Team drei Kinder zusammenarbeiten mussten, da die Gruppeneinteilung aus dem Kindergarten eine ungerade Teilnehmerzahl vorsah. Der zweite Sportler war immer das Kind mit der schwächsten Leistung in dieser Gruppe.

verbessern, die ersten Sportler aber den größten Zuwachs erzielen. Werden alle Kompetenzen berücksichtigt, in denen sich signifikante Vortestunterschiede ergeben haben, bleiben die Interpretationsvoraussetzungen gegenüber der vorherigen Analyse im Ergebnisbild unverändert. Auch die beiden Effekte für Vortestleistung ( $F(1,356) = 612.774, p < .001, \eta^2 = .633$ ) und für die Rolle innerhalb der peer-gestützten Förderung ( $F(2,356) = 4.973, p < .01, \eta^2 = .040$ ) bleiben bestehen. Zusätzlich ergibt sich ein Effekt für den Sprachentwicklungsstand ( $F(1,356) = 14.323, p < .001, \eta^2 = .039$ ). Kein Effekt zeigt sich für die Intelligenzleistung ( $F(1,356) = 2.532, n.s.$ ). Das Ergebnisbild der paarweisen Vergleiche ändert sich durch die Hinzunahme der weiteren Kovariaten nicht. Auch bei dieser detaillierteren Betrachtung scheint der Sprachentwicklungsstand den Fördererfolg zu beeinflussen und zwar in der Form, dass ein höherer Sprachentwicklungsstand zu einem höheren Zuwachs in den mathematischen Kompetenzen führt.

Nimmt man in die Varianzanalyse nur die drei Rollen (Trainer, 1. Sportler, 2. Sportler) ohne einen Vergleich zur Kontrollgruppe auf, so zeigt sich ein hoch signifikanter Einfluss der Vortestleistung ( $F(1,156) = 242.243, p < .001$ ). Ein Effekt für die Kovariate der „Rollenzugehörigkeit“ ergibt sich nicht ( $F(2,156) = 0.142, n.s.$ ). Kurzfristig erzielen also nur die ersten Sportler einen signifikant besseren Zuwachs also die Kontrollgruppe ohne spezifische Förderung ermöglicht. Es zeigt sich erneut, dass sprachkompetentere Kinder unabhängig der Förderung einen höheren Lernerfolg in frühen mathematischen Kompetenzen zeigen.

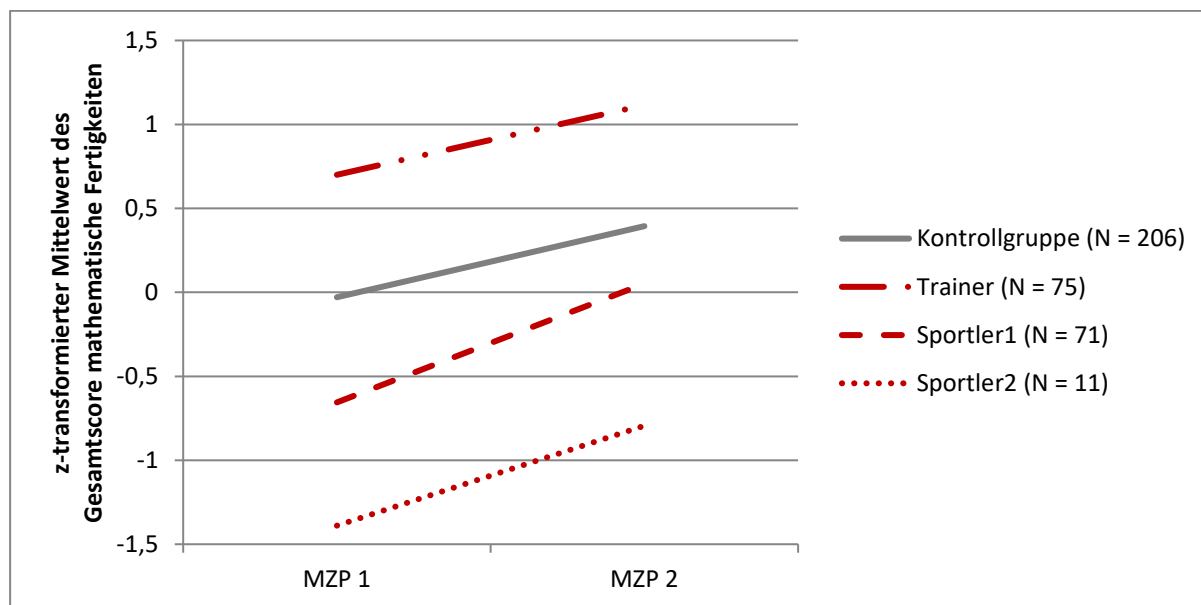


Abbildung 10: Entwicklung mathematischer Fertigkeiten von Vor- zu Nachtest nach Rolle im peer-gestützten Training im Vergleich zur Kontrollgruppe

#### Inhaltsspezifische kurzfristige Effekte in Abhängigkeit von der Vortestleistung, der Fördermethode und der Förderpersonenart

In diesem Abschnitt wird untersucht, ob sich der Fördererfolg in den beiden Fördermethoden im Vergleich zur Kontrollgruppe darin unterscheidet, ob Studenten oder Erzieher der Einrichtung die

Förderung durchgeführt haben. Als fester Faktor wird eine Variable mit einer Kodierung für die Kontrollgruppe und den vier möglichen Kombinationen aus Fördermethode und Förderpersonenart (kleingruppen-orientierte Förderung mit Studenten, kleingruppen-orientierte Förderung mit Erziehern, peer-gestützte Förderung mit Studenten, peer-gestützte Förderung mit Erziehern), die Förderpersonenart, verwendet. Abbildung 11 veranschaulicht die Ergebnisse. Der Levene-Test zeigt keine Abweichung von der Nullhypothese ( $F(4,510) = 0.229, n.s.$ ) und der Shapiro-Wilk-Test bestätigt die Normalverteilung der standardisierten Residuen ( $t(515) = 0.998, n.s.$ ). Es zeigt sich erneut ein Effekt für die Vortestleistung ( $F(1,509) = 2048.042, p < .001, \eta^2 = .801$ ). Auch der feste Faktor „Förderpersonenart“ zeigt einen signifikanten Effekt ( $F(4,509) = 2.649, p < .05, \eta^2 = .020$ ). Die Effektstärke des festen Faktors fällt klein, die Effektstärke der Vortestleistung groß aus. In paarweisen Vergleichen mit Bonferroni-Adjustierung, in denen verglichen wird, ob z.B. die von Erziehern durchgeführte kleingruppen-orientierte Förderung einen höheren Fortschritt erzielt als die Kontrollgruppe, zeigt sich kein signifikanter Unterschied. Auch nach Hinzunahme von Kovariaten, für die sich ein signifikanter Vortestunterschied ergeben hat, sind die Voraussetzungen zur Interpretation gegeben (Levene-Test:  $F(4,510) = 0.702, n.s.$ ; Shapiro-Wilk-Test:  $t(515) = 0.998, n.s.$ ). Die Effekte der vorherigen Analyse lassen sich erneut finden, so dass das mathematische Vortestergebnis ( $F(1,507) = 1003.952, p < .001, \eta^2 = .664$ ) und die Förderpersonenart ( $F(4,507) = 3.052, p < .05, \eta^2 = .024$ ) einen signifikanten Effekt und vergleichbare Effektstärken aufweisen. Darüber hinaus ergibt sich erneut ein Effekt für den Sprachentwicklungsstand ( $F(1,507) = 18.213, p < .001, \eta^2 = .035$ ). Die Intelligenz zeigt erneut keinen Effekt ( $F(1,507) = 3.539, n.s.$ ). Das Ergebnisbild in den paarweisen Vergleichen zeigt nun, dass die in peer-gestützter Förderung von Studenten geförderten Kinder einen höheren Lernerfolg erzielen als Kinder der Kontrollgruppe (mittlere Differenz = -0.152 mit Peer(Student) > KG,  $p < .05$ ). Dies wird auch grafisch deutlich (s. Abbildung 11).

Kurzfristig zeigt sich also, dass allein peer-gestützte Förderung durchgeführt von Studenten einen höheren Lernzuwachs als die Kontrollgruppe ohne spezifische Förderung erzielt, wenn der Effekt der Sprachkompetenz kontrolliert wird.

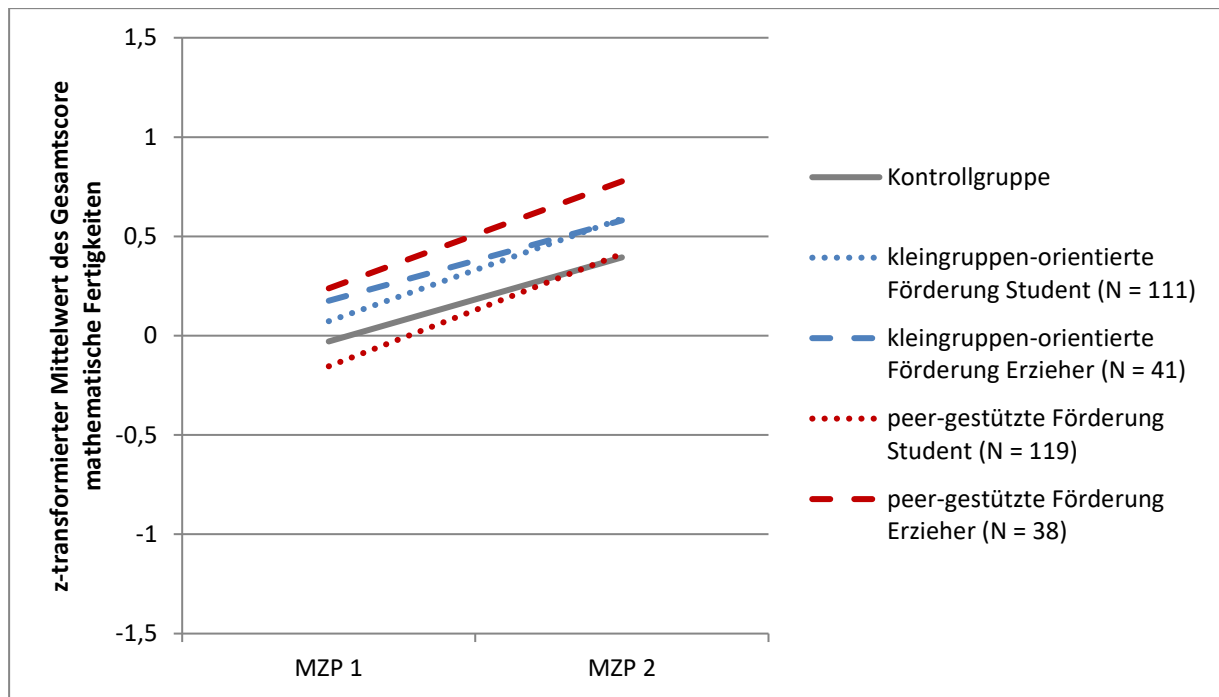


Abbildung 11: Entwicklung mathematischer Fertigkeiten von Vor- zu Nachtest nach Art der fördernden Person im Vergleich zur Kontrollgruppe

*Inhaltsferne kurzfristige Effekte für die Phonologische Bewusstheit und Sprachfertigkeiten in Abhängigkeit von der Vortestleistung und der Fördermethode*

Nachfolgend wird untersucht, ob sich ein inhaltsferner kurzfristiger Trainingserfolg auf die Entwicklung der phonologischen Bewusstheit oder den Sprachfertigkeiten in Abhängigkeit von der Vortestleistung in dieser Fertigkeit und in Abhängigkeit der Fördermethode zeigt.

Für die Untersuchung des inhaltsfernen Trainingserfolgs in der phonologischen Bewusstheit zeigt der Levene-Test eine Abweichung von der Nullhypothese an ( $F(2,503) = 4.838, p < .01$ ). Die standardisierten Residuen sind normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test:  $t(515) = 0.996, n.s.$ ). Die ANCOVA zeigt für die Kovariate Phonologische Bewusstheit zum Vortest einen hochsignifikanten Effekt ( $F(1,502) = 459.591, p < .001, \eta^2 = .478$ ). Die Effektstärke des Vortestergebnisses ist damit groß. Für den Faktor Fördergruppen zeigt sich kein Effekt ( $F(2,502) = 1.613, n.s.$ ).

Nachfolgend wird ein inhaltsferner Trainingserfolg auf die Entwicklung der Sprachfertigkeiten geprüft. In der Voraussetzungsprüfung für die Interpretierbarkeit der Ergebnisse zeigt sich, dass die Normalverteilung der standardisierten Residuen nicht gegeben ist (Shapiro-Wilk-Test:  $t(514) = 0.992, p < .01$ ). Die Nullhypothese des Levene-Test wird allerdings bestätigt ( $F(2,511) = 1.639, n.s.$ ). Die ANCOVA mit Vortestleistung in den Sprachfertigkeiten als Kovariate zeigt einen signifikanten Effekt der Vortestleistung mit einer großen Effektstärke ( $F(1,510) = 1646.766, p < .001, \eta^2 = .764$ ). Für den festen Faktor der Gruppenzugehörigkeit zeigt sich kein signifikanter Effekt ( $F(2,510) = 0.201, n.s.$ ).

Es ist also festzuhalten, dass kurzfristig kein inhaltsferner Trainingserfolg erzielt werden konnte.

### 6.2.2 Längerfristige Effekte drei Monate nach Ende der Förderung

Die längerfristigen Effekte zum Zeitpunkt drei Monate nach Ende der Förderung (3. Messzeitpunkt) wurden anhand der Kurzversion des MBK-1 (Ennemoser et al., 2018) überprüft. Die Differenz der standardisierten Residuen zwischen den Gruppen beträgt 0. Die Korrelation zwischen Vortestleistung und MBK-1 Leistung zum dritten Messzeitpunkt beträgt minimal  $r = .63$  in der Kontrollgruppe und maximal  $r = .84$  in der Gruppe mit peer-gestützter Förderung. Alle Korrelationen sind hochsignifikant. Zu diesem Zeitpunkt wurden nur die mathematischen Kompetenzen erhoben, daher können keine Effekte auf inhaltsferne Maße berichtet werden.

#### *Inhaltsspezifische längerfristige Effekte in Abhängigkeit von der Vortestleistung und der Fördermethode*

Für die Analysen der inhaltspezifischen längerfristigen Effekte zum dritten Messzeitpunkt in Abhängig von der Vortestleistung und der Fördermethode zeigt sich der Levene-Test signifikant, weshalb von Varianzgleichheit in den Gruppen ausgegangen werden muss ( $F(2,395) = 3.897, p < .05$ ). Der Shapiro-Wilk-Test zeigt zudem, dass eine Abweichung von der Normalverteilung der standardisierten Residuen vorliegt ( $t(398) = 0.991, p < .05$ ). Drei Monate nach Ende der Förderung ergibt sich ausschließlich für die inhaltspezifische Vortestleistung ein Effekt ( $F(1,394) = 394.779, p < .001, \eta^2 = .500$ ). Die Effektstärke ist groß. Für den festen Faktor „Gruppenzugehörigkeit“ zeigt sich kein signifikanter Effekt ( $F(2,394) = 0.777, n.s.$ ). Mit Hinzunahme der Kompetenzen, für die sich ein signifikanter Vortestunterschied zwischen den Experimentalgruppen zeigte, bleibt der Ergebnisbild für die Prüfung der Interpretationsvoraussetzungen gleich. Es zeigt sich ein Effekt für die inhaltspezifische Vortestleistung und Intelligenzleistung aber nicht für die Gruppenzugehörigkeit oder den Sprachentwicklungsstand (Mathe:  $F(1,392) = 211.477, p < .001, \eta^2 = .350$ ; Intelligenz:  $F(1,394) = 6.053, p < .05, \eta^2 = .015$ ; Gruppenzugehörigkeit:  $F(2,394) = 0.558, n.s.$ ; Sprachentwicklungsstand:  $F(1,394) = 0.763, n.s.$ ).

Es kann folglich zum Zeitpunkt drei Monate nach Ende der Förderung kein signifikanter Unterschied in der Leistungsentwicklung zwischen den Fördergruppen festgestellt werden. Es zeigt sich, dass intelligentere Kinder unabhängig von Förderung einen höheren Leistungszuwachs erzielen.

#### *Inhaltsspezifische längerfristige Effekte je nach Rolle innerhalb der peer-gestützten Förderung*

Für die Analysen des Fördererfolgs drei Monate nach Ende der Förderung in Abhängigkeit von der Vortestleistung und der Förderrolle in der peer-gestützten Förderung zeigt sich Varianzgleichheit Levene-Test:  $F(3,264) = 3.139, p < .05$ ) und eine Abweichung von der Normalverteilung der standardisierten Residuen (Shapiro-Wilk-Test:  $t(268) = 0.981, p < .01$ ). Es zeigt sich ausschließlich ein Effekt für die inhaltspezifische Vortestleistung ( $F(1,263) = 202.064, p < .001, \eta^2 = .434$ ). Für die Rolle in der peer-gestützten Förderung lässt sich kein Effekt finden ( $F(2,263) = 1.571, n.s.$ ). Durch Hinzunahme der signifikanten Vortestunterschiede zwischen den Experimentalgruppen verändert sich das Ergebnisbild der Interpretationsvoraussetzungen nicht. Ebenso bleibt der Effekt der Vortestleistung



bestehen ( $F(1,261) = 110.636, p < .001, \eta^2 = .298$ ). Keine weitere Kovariate und kein weiterer Faktor zeigt einen signifikanten Effekt (Intelligenzleistung  $F(1,261) = 3.498, n.s.$ ; Sprache:  $F(1,261) = 2.646, n.s.$ ; Gruppenzugehörigkeit:  $F(1,261) = 1.543, n.s.$ ).

Zusammengefasst ist festzuhalten, dass sich die Entwicklung der verschiedenen Rollen in peer-gestützter Förderung zum Zeitpunkt drei Monate nach Ende der Förderung nicht von der natürlichen Entwicklung unterscheidet.

### *Inhaltsspezifische längerfristige Effekte in Abhängigkeit von der Vortestleistung, der Fördermethode und der Förderpersonenart*

Für die Analysen des Fördererfolgs drei Monate nach Ende der Förderung in Abhängig von der Vortestleistung und den Personen (Studenten oder Erzieher), die die Förderung durchgeführt haben, wird der Levene-Test auf Varianzgleichheit nicht signifikant ( $F(4,393) = 2.104, n.s.$ ). Die standardisierten Residuen sind nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test:  $t(398) = 0.992, p < .05$ ). Es ergibt sich ein Effekt für die Vortestleistung ( $F(1,392) = 383.709, p < .001, \eta^2 = .495$ ). Der feste Faktor „Förderpersonenart“ zeigt keinen signifikanten Effekt ( $F(4,392) = 0.622, n.s.$ ). Die Hinzunahme der Kompetenzen, für die sich ein signifikanter Vortestunterschied zwischen den Experimentalgruppen ergeben hat, als weitere Kovariaten verändert am Ergebnis der Interpretationsvoraussetzungsprüfung nichts. Der Effekt für die inhaltsspezifische Vortestleistung bleibt bestehen ( $F(1,390) = 209.324, p < .001, \eta^2 = .349$ ). Hinzu kommt ein Effekt für die Intelligenzleistung ( $F(1,390) = 6.235, p < .05, \eta^2 = .016$ ). Sowohl für den Sprachentwicklungsstand als auch für den Faktor „Förderpersonenart“ ergibt sich kein signifikanter Effekt (Sprachentwicklungsstand:  $F(1,390) = 0.654, n.s.$ ; Förderpersonenart:  $F(4,390) = 0.714, n.s.$ ).

Drei Monate nach Ende der Förderung lässt sich kein signifikanter Unterschied der Förderpersonenart feststellen. Intelligenter Kinder scheinen unabhängig von Förderung einen höheren Leistungszuwachs zu erzielen.

### *6.2.3 Längerfristige Effekte sechs Monate nach Ende der Förderung*

Sechs Monate nach der Förderung wurde der Förderfolg mit der Langversion des MBK-1 (Ennemoser et al., 2018) überprüft. Die Differenz der standardisierten Residuen zwischen den Experimentalgruppen beträgt 0. Die Korrelation zwischen Vortestleistung und Leistung zum zweiten Follow-Up beträgt minimal  $r = .59$  für die Kontrollgruppe und maximal  $r = .75$  für die peer-gestützte Förderung. Alle Korrelationen sind hochsignifikant. Zu diesem Zeitpunkt wurden neben die mathematischen Kompetenzen auch ein inhaltsfernes Maß erhoben. Daher werden am Ende des Kapitels Effekte auf dieses Maß berichtet.

*Inhaltsspezifische längerfristige Effekte in Abhängigkeit von der Vortestleistung und der Fördermethode*

In der Analyse der Interpretationsvoraussetzungen für die Fördereffekte sechs Monate nach Förderende in Abhängigkeit von der Vortestleistung und der Fördermethode zeigt sich eine Verletzung der Nullhypothese des Shapiro-Wilk-Tests ( $t(394) = 0.964, p < .001$ ) und Varianzgleichheit muss angenommen werden (Levene-Test:  $F(2,391) = 5.560, p < .01$ ). Mittels Varianzanalyse wird deutlich, dass ein signifikanter Effekt für die inhaltspezifische Vortestleistung ( $F(1,390) = 32.384, p < .001, \eta^2 = .451$ ) und für den Faktor „Gruppenzugehörigkeit“ ( $F(2,390) = 7.373, p < .01, \eta^2 = .036$ ) besteht. Der Effekt der Vortestleistung ist groß. Die Effektstärke des Faktors klein. Mittels paarweisen Vergleichen wird deutlich, dass die kleingruppen-orientierte Förderung einen höheren Leistungszuwachs erzielt als die peer-gestützte Förderung (mittlere Differenz = .349 mit KGT > Peer,  $p < .001$ ). Die Effektstärke dieses Unterschieds beträgt  $d_{Korr} = 0.30$  und liegt somit an der unteren Grenze einer mittleren Effektstärke. Weitere Vergleiche werden entgegen der Erwartungen nicht signifikant, auch nicht der Vergleich mit der Kontrollgruppe. Mit Hinzunahme weiterer Kovariaten, in denen sich signifikante Vortestunterschiede zeigten, verändert sich das Ergebnisbild der Interpretationsvoraussetzungsprüfung nicht. Auch bleiben die Effekte für den Vortest ( $F(1,388) = 160.201, p < .001, \eta^2 = .292$ ) und den Faktor „Gruppenzugehörigkeit“ ( $F(2,388) = 6.615, p < .01, \eta^2 = .033$ ) bestehen. Hinzu kommt ein Effekt für die Intelligenzleistung ( $F(1,388) = 7.218, p < .01, \eta^2 = .018$ ). Für den Sprachentwicklungsstand ergibt sich kein Effekt ( $F(2,388) = 2.313, n.s.$ ). Das Ergebnisbild der paarweisen Vergleiche verändert sich durch die Hinzunahme der Kovariaten nicht.

Zum Zeitpunkt sechs Monate nach Ende der Förderung zeigt sich ausschließlich der Vergleich zwischen kleingruppen-orientierter Förderung und peer-gestützter Förderung signifikant. Die kleingruppen-orientierte Förderung erzielt das bessere Ergebnis. Auch zeigt sich, dass intelligentere Kinder unabhängig von Förderung einen höheren Leistungszuwachs früher mathematischer Kompetenzen erzielen.

*Inhaltsspezifische längerfristige Effekte je nach Rolle innerhalb der peer-gestützten Förderung*

Die Interpretationsvoraussetzungsprüfung für Analysen von Effekten der Förderrolle im peer-gestützten Training in Abhängigkeit der Vortestleistung zum Zeitpunkt sechs Monate nach Ende der Förderung ergibt, dass Varianzgleichheit angenommen werden muss (Levene-Test:  $F(3,258) = 5.437, p < .01$ ) und eine Normalverteilung der standardisierten Residuen nicht vorliegt (Shapiro-Wilk-Test:  $t(262) = 0.965, p < .001$ ). Eine ANCOVA mit inhaltspezifischer Vortestleistung als Kovariate und Zugehörigkeit zu einer Rolle in der peer-gestützten Förderung (Kontrollgruppe, Trainer, Sportler 1, Sportler 2) als Faktor zeigt einen signifikanten Effekt für die Vortestleistung ( $F(1,257) = 137.519, p < .001, \eta^2 = .349$ ) aber nicht für den Faktor ( $F(3,257) = 2.011, n.s.$ ). Durch Hinzunahme weiterer Kovariaten, in denen sich signifikante Vortestunterschiede zwischen den Experimentalgruppen ergeben haben, verändert sich das Ergebnisbild der Interpretationsvoraussetzungsprüfung nicht. Der Effekt für die inhaltspezifische Vortestleistung bleibt bestehen ( $F(1,255) = 71.059, p < .001, \eta^2 = .218$ ). Hinzu

kommt ein Effekt für die Intelligenzleistung ( $F(1,255) = 4.258$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2 = .016$ ). Die Effektstärke der Intelligenzleistung ist sehr klein. Für die Rolle innerhalb der peer-gestützten Förderung liegt kein Effekt vor ( $F(2,255) = 1.036$ ,  $n.s.$ ).

Zum Zeitpunkt sechs Monate nach Ende der Förderung zeigen sich zwischen den Rollen der peer-gestützten Förderung keine Unterschiede im Vergleich zur natürlichen Entwicklung. Der Effekt für die Intelligenz zeigt sich erneut.

#### *Inhaltsspezifische längerfristige Effekte in Abhängigkeit von der Vortestleistung, der Fördermethode und Förderpersonenart*

Für die Analysen von Fördereffekten sechs Monate nach Ende der Förderung in Abhängigkeit von der Vortestleistung und der Förderpersonenart (Student oder Erzieher) innerhalb einer Fördermethode sind die Interpretationsvoraussetzung nur eingeschränkt gegeben, da der Levene-Test Varianzgleichheit anzeigt ( $F(4,389) = 4.046$ ,  $p < .01$ ) und die standardisierten Residuen nicht normalverteilt sind (Shapiro-Wilk-Test:  $t(394) = 0.964$ ,  $p < .001$ ). Die ANCOVA mit Vortestleistung als Kovariate und Förderpersonenart als Faktor zeigt einen Effekt für die Vortestleistung ( $F(1,388) = 304.622$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .440$ ). Ein Effekt für den Faktor „Förderpersonenart“ ergibt sich ebenfalls ( $F(4,388) = 4.212$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .042$ ). Für die Vortestleistung liegt ein Effekt in großer Stärke und für den Faktor in kleiner Stärke vor. Post-hoc-Analysen mit Bonferroni-Adjustierung zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen peer-gestützter Förderung mit Studenten und kleingruppen-orientierter Förderung mit Studenten zu Gunsten der kleingruppen-orientierten Förderung mit Studenten (mittlere Differenz = 0.418 mit  $\text{KGT}_{(\text{Student})} > \text{Peer}_{(\text{Student})}$ ,  $p < .01$ ). Mit Hinzunahme der Kompetenzen, für die ein signifikanter Vortestunterschied zwischen den Experimentalgruppen gefunden wurde, als weitere Kovariaten verändert sich das Ergebnisbild der Interpretationsvoraussetzungsprüfung nicht. Der signifikante Effekt der Vortestleistung lässt sich erneut finden ( $F(1,386) = 157.532$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .290$ ). Auch der Effekt für den Faktor „Förderpersonenart“ bleibt bestehen ( $F(4,386) = 1.900$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .037$ ). Hinzu kommt ein Effekt für die Intelligenzleistung ( $F(1,386) = 7.110$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .018$ ). Der Effekt für die Vortestleistung bleibt auch mit weiteren Kovariaten groß und der Effekt des Faktors klein. Die Stärke des Effekts der Intelligenzleistung ist sehr klein. Das Ergebnisbild der paarweisen Vergleiche ändert sich durch die Hinzunahme der Kovariaten nicht.

Zum Zeitpunkt sechs Monate nach der Förderung zeigt sich, dass Kinder mit von Studenten durchgeführter kleingruppen-orientierter Förderung einen signifikante höheren Lernzuwachs erzielen als Kinder der peer-gestützten Förderung, die von Studenten durchgeführt wurde. Es zeigt sich erneut ein Effekt der Intelligenz.

### *Inhaltsferne längerfristige Effekte*

Die Erhebungen von Intelligenzmaßen fanden zum Vortest und zum zweiten Follow-Up statt. Für die Untersuchung der Intelligenzentwicklung werden die Mittelwerte der z-standardisierten Itemsommen herangezogen, da das Erhebungsverfahren gewechselt werden musste, um altersspezifisch testen zu können (Vortest: WPPSI-III; 2. Follow-Up: CFT-1). Die kleinste aber hochsignifikante Korrelation von  $r = .42$  besteht zwischen den beiden Messzeitpunkten in der Kontrollgruppe. Die größte in der kleingruppen-orientierten Förderung  $r = .57$ . Die Differenz der standardisierten Residuen beträgt 0. Die Residuen sind nicht normalverteilt ( $t(400) = 0.990$ ,  $p < .01$ ). Die Nullhypothese des Tests auf Varianzgleichheit wird nicht widerlegt (Levene-Test:  $F(2,397) = 0.490$ , *n.s.*). Für die Vortestleistung (Intelligenz zum ersten Messzeitpunkt) zeigt sich ein hochsignifikanter Effekt mit großer Stärke ( $F(1,396) = 143.950$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .267$ ). Der Faktor „Gruppenzugehörigkeit“ erzielt keinen signifikanten Effekt ( $F(2,396) = 0.586$ , *n.s.*).

Ein längerfristiger inhaltsferner Trainingserfolg kann also nicht gefunden werden.

### *6.2.4 Transfereffekte*

Im folgenden Kapitel werden Effekte auf inhaltsnahe und inhaltsferne Kompetenzen des Trainings von Mengen-Zahlen-Kompetenzen untersucht. Sechs Monate nach Ende der Förderung wurden erstmals Rechenkompetenzen als inhaltsnahes Außenkriterium mittels der Rechentreppe des MBK-1 (Ennemoser et al., 2018) erhoben. Die Differenz der standardisierten Residuen zwischen den Experimentalgruppen beträgt 0. Die niedrigste Korrelation zwischen Gesamtleistung in der Rechentreppe und dem Vortestergebnis besteht für die Kontrollgruppe mit  $r = .41$ . Die höchste Korrelation in diesem Zusammenhang besteht für die peer-gestützte Förderung mit  $r = .51$ . Alle Korrelationen sind hoch signifikant. Die Ergebnisse dürfen folglich mit kleineren Einschränkungen interpretiert werden.

### *Transfereffekt auf die Rechenfertigkeiten in Abhängigkeit von der Vortestleistung und der Fördermethode*

Die Prüfung der Interpretationsvoraussetzungen offenbart, dass die standardisierten Residuen nicht normalverteilt sind ( $t(384) = 0.989$ ,  $p < .01$ ). Varianzgleichheit besteht nicht (Levene-Test:  $F(2,381) = 0.620$ , *n.s.*). Die ANCOVA mit z-transformierter Leistung der Rechentreppe, mathematischer Vortestleistung und Gruppenzugehörigkeit als Faktor zeigt einen hochsignifikanten Effekt großer Stärke für die Kovariate ( $F(1,380) = 111.937$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .228$ ) und einen hoch signifikanten Effekt kleiner Stärke für den Faktor ( $F(2,380) = 0.742$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .047$ ). In Post-hoc-Vergleichen mit Bonferroni-Adjustierung zeigt sich, dass die kleingruppen-orientierte Förderung besser abschneidet als die beiden anderen Experimentalgruppen (KGT > KG: mittlere Differenz = .406,  $p < .01$ ; KGT > Peer: mittlere Differenz = .404,  $p < .01$ ). Der Vergleich zwischen Kontrollgruppe und peer-

gestützter Förderung wird nicht signifikant. Die Effektstärke für den Unterschied zwischen Kontrollgruppe und kleingruppen-orientierter Förderung beträgt  $d_{Korr} = 0.57$ . Für den Vergleich von kleingruppen-orientierter Förderung und peer-gestützter Förderung ergibt sich eine Effektstärke von  $d_{Korr} = 0.34$ . Die Effektstärken liegen somit im mittelhohen Bereich. Nimmt man die Kompetenzen als weitere Kovariaten hinzu, in denen sich zum Vortest signifikante Unterschiede ergeben haben, zeigt sich, dass die standardisierten Residuen normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test:  $t(384) = 0.994$ , *n.s.*) und keine Varianzgleichheit vorliegt (Levene-Test:  $F(2,381) = 0.495$ , *n.s.*). Der Effekt der Vortestleistung ( $F(1,378) = 92.350$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .196$ ) und des Faktors „Gruppenzugehörigkeit“ ( $F(2,378) = 8.967$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .045$ ) bleiben auch nach Hinzunahme der weiteren Kovariaten bestehen. Hinzukommen Effekte für die Intelligenzleistung ( $F(1,378) = 8.326$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .022$ ) und Sprachfertigkeiten ( $F(1,378) = 12.503$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .032$ ). Das Ergebnisbild in den Post-hoc-Analysen mit Bonferroni-Adjustierung verändert sich nicht.

Für den Transfereffekt auf die Rechenleistung zeigt sich, dass Kinder der kleingruppen-orientierten Förderung eine bessere Entwicklung zeigen als Kinder der beiden übrigen Experimentalgruppen. Es zeigen sich zudem Effekte für die Intelligenz und die Sprachfertigkeiten, die einen höheren Zuwachs für kompetentere Kinder in der jeweiligen Fertig- bzw. Fähigkeit unabhängig von Förderung nahelegen.

#### *Transfereffekt auf die Rechenfertigkeiten in Abhängigkeit von der Vortestleistung und Rolle innerhalb der peer-gestützten Förderung*

Die Voranalysen zur Interpretierbarkeit der Ergebnisse zeigen, dass die Varianzen nicht gleich sind (Levene-Test:  $F(3,253) = 1.038$ , *n.s.*). Die standardisierten Residuen sind nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test:  $t(257) = 0.979$ ,  $p < .01$ ). In der ANCOVA mit Vortestleistung als Kovariate und dem Faktor „Förderrolle“ (Kontrollgruppe, Trainer, Sportler 1, Sportler 2) zeigt sich ausschließlich die Vortestleistung signifikant ( $F(1,252) = 47.693$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .159$ ; Förderrolle:  $F(3,252) = 0.224$ , *n.s.*). Werden die signifikanten Vortestleistungen (Intelligenzleistung, Sprachentwicklungsstand) als weitere Kovariaten einbezogen, verändert sich das Ergebnisbild der Interpretationsvoraussetzungsprüfung nicht. Auch bleibt der hochsignifikante Effekt der Vortestleistung bestehen ( $F(1,250) = 50.750$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .169$ ). Der Faktor „Förderrolle“ ist weiterhin nicht signifikant ( $F(3,250) = 0.289$ , *n.s.*). Für die Intelligenzleistung lässt sich kein Effekt finden ( $F(1,250) = 2.632$ , *n.s.*). Hinzu kommt ein Effekt für den Sprachentwicklungsstand ( $F(1,250) = 11.148$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .043$ ).

Die Rollen innerhalb der peer-gestützten Förderung zeigen also eine mit der Kontrollgruppe vergleichbare Entwicklung. Es zeigt sich, dass sprachkompetentere Kinder ein besseres Ergebnis im Transfermaß erzielen als Kinder mit niedrigeren sprachlichen Fertigkeiten.

*Transfereffekt auf die Rechenfertigkeiten in Abhängigkeit von der Vortestleistung, der Fördermethode und Förderpersonenart*

Für die Interpretierbarkeit der folgenden ANCOVA liegt nur die Einschränkung vor, dass die standardisierten Residuen nicht normalverteilt sind (Shapiro-Wilk-Test:  $t(381) = 0.988$ ,  $p < .01$ ; Levene-Test:  $F(4,379) = 0.397$ , *n.s.*). In der ANCOVA selbst zeigen sich hoch signifikante Effekte für die Vortestleistung und für den Faktor, welche Personenart in welcher Fördermethode gefördert hat (Kontrollgruppe, KGT mit Studenten, KGT mit Erziehern, Peer mit Studenten, Peer mit Erziehern) (Vortestleistung:  $F(1,378) = 114.317$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .232$ ; Faktor „Förderpersonenart“:  $F(4,378) = 5.296$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .053$ ). Für die Kovariate „Vortest“ liegt eine große Effektstärke und für den Faktor „Förderpersonenart“ liegt eine kleine Effektstärke vor. In Post-hoc-Analysen mit Bonferroni-Adjustierung zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen kleingruppen-orientierter Förderung mit Studenten und der Kontrollgruppe zu Gunsten der kleingruppen-orientierten Förderung ( $KGT_{(Student)} > KG$ : mittlere Differenz = .436  $p < .01$ ,  $d_{Korr} = 0.61$ ) sowie zwischen kleingruppen-orientierter Förderung mit Studenten und peer-gestützter Förderung mit Studenten ( $KGT_{(Student)} > Peer_{(Student)}$ : mittlere Differenz = .372,  $p < .05$ ,  $d_{Korr} = 0.30$ ) sowie zwischen kleingruppen-orientierter Förderung mit Studenten und peer-gestützter Förderung mit Erziehern ( $KGT_{(Student)} > Peer_{(Erzieher)}$ : mittlere Differenz = .639,  $p < .01$ ,  $d_{Korr} = 0.64$ ). Für die Interpretation der ANCOVA-Ergebnisse nach Hinzunahme der Kompetenzen, in denen sich signifikante Vortestunterschiede ergeben haben, liegen keine Einschränkungen vor (Levene-Test:  $F(4,379) = 0.542$ , *n.s.*; Shapiro-Wilk-Test:  $t(384) = 0.994$ , *n.s.*). Der hoch signifikante Effekte der Vortestleistung bleibt bestehen ( $F(1,376) = 93.748$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .200$ ), ebenso wie der hoch signifikante Effekt des Faktors „Förderpersonenart“ ( $F(4,376) = 4.884$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .049$ ). Hinzu kommen Effekte für die Intelligenzleistung ( $F(1,376) = 8.103$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .021$ ) und für den Sprachentwicklungsstand ( $F(1,376) = 11.624$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .030$ ). Das Ergebnisbild der Post-hoc-Analysen verändert sich durch die Hinzunahme der weiteren Kovariaten nicht.

Für den Transfereffekt zeigt sich, dass die kleingruppen-orientierte Förderung mit Studenten signifikant besser abschneidet als die Kontrollgruppe und als die peer-gestützte Förderung, unabhängig davon, welche Förderpersonenart die Förderung durchführte. Das Ergebnis ist gegenüber Vortestunterschieden robust. Es kann außerdem festgestellt werden, dass sowohl für die Intelligenz als auch für die Sprachentwicklungsentwicklung gilt, dass kompetentere Kinder einen höheren Zuwachs unabhängig der Förderung erzielen.

### 6.2.5 Effektivität hinsichtlich der Prävention von Rechenschwäche

Ziel einer Interventionsstudie ist nicht nur für alle Kinder einen bestmöglichen Fördererfolg zu erzielen, sondern auch den Kindern mit niedrigen Eingangsleistung einen Zugang zum Förderinhalt zu eröffnen und so zu fördern, dass sie den Anschluss an den durchschnittlichen Entwicklungsstand halten können. Um dies für die vorliegende Studie zu veranschaulichen, ist in Tabelle 18 die Stichprobe nach Qunitile pro Messzeitpunkt und Fördermethode aufgeteilt dargestellt, wobei Quintil 1 einen Prozentrang

(PR) kleiner 20 bedeutet. Zur Erstellung dieser Tabelle wurden nur solche Fälle berücksichtigt, für die zu allen Messzeitpunkten die notwendigen Daten vorliegen und deren mathematische Vortestleistung im ersten oder zweiten Quintil befand. Die Entwicklung der relativen Häufigkeiten in der Bedingung „kleingruppen-orientierte Förderung“ zeigt eine stetige Abnahme, was für einen Präventionserfolg spricht. Dies zeigt sich weder in der Kontrollgruppe noch in der Gruppe mit peer-gestützter Förderung über die Zeit. Für die Zeitpunkte Vortest, Nachtest und erste Follow-Up kann allerdings kein signifikanter Zusammenhang zwischen der dichotomen Variable „PR < 20 ja/nein“ und der Versuchsbedingung festgestellt werden (Vortest:  $\chi^2(2) = 0.585$ , *n.s.*; Nachtest:  $\chi^2(2) = 2.114$ , *n.s.*; 1. Follow-Up:  $\chi^2(2) = 1.516$ , *n.s.*). Für der Vergleich zum zweiten Follow-Up zeigt einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der dichotomen Variable und der Versuchsbedingung ( $\chi^2(2) = 10.583$ ,  $p < .01$ ). Zum zweiten Follow-Up wurde ebenfalls der Transfer zum Rechnen untersucht. Auch hier zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang von Risikobelastung und Versuchsbedingung ( $\chi^2(2) = 12.441$ ,  $p < .01$ ). Die beiden gefundenen signifikanten Zusammenhänge deuten mit Blick auf die Veränderung der relativen Häufigkeiten in der kleingruppen-orientierten Förderung und der geringen Veränderung in den beiden anderen Versuchsgruppen an, dass die kleingruppen-orientierte Förderung primärpräventiv wirksam ist und Kinder mit einem PR < 20 so erfolgreich trainiert, dass sie den Risikobereich verlassen können.

*Tabelle 18: Absolute und relative Häufigkeiten der Kinder mit einem PR < 20 im MBK-0 zum Vortest in den drei Gruppen zu den verschiedenen Messzeitpunkten*

	PR	KG	KGT	Peer
Vortest		41	30	35
(MBK-0)	< 20	19,2%	19,4%	22,2%
Nachtest		50	28	31
(MBK-0)	< 20	24,0%	18,1%	19,7%
1. Follow-Up		27	23	29
(MBK-1)	< 20	18,9%	17,3%	23,2%
2. Follow-Up		30	17	36
(MBK-1)	< 20	19,0%	12,6%	28,6%
2. Follow-Up		32	13	34
(Rechentreppe)	< 20	20,6%	10,1%	27,4%

### **6.3 Einflüsse auf den Trainingserfolg innerhalb der peer-gestützten Förderung**

Peer-gestützte Förderung wurde bislang ausschließlich auf seinen Fördererfolg im Vergleich zur Entwicklung anderer Experimentalgruppen hin untersucht. Einflüsse auf den Fördererfolg von spezifischen und unspezifischen Einflussfaktoren oder Einflüsse aus Verhalten während des Trainings oder Einflüsse, die sich aus der Zusammensetzung des Tandems ergeben, wurden bislang noch nicht berichtet. Solche Untersuchungen werden im Folgenden für kurz- und langfristige Effekte sowie

Transfereffekte durchgeführt. Dazu werden lineare Regressionen gerechnet, in der jeweils nur ein Einflussfaktor berücksichtigt wird.

### 6.3.1 *Einflüsse auf die kurzfristige Leistungsentwicklung*

Untersucht werden der Einfluss von OnTask- und OffTask-Verhalten während einer Fördersitzung, sowie der Einfluss von unspezifischen Faktoren wie Arbeitsgedächtnisleistung, Intelligenz, Sprachkompetenz und Phonologische Bewusstheit. Die Korrelation zwischen Vor- und Nachtest in der mathematischen Entwicklung fällt sehr hoch aus (Trainer:  $r = .81$   $p < .001$ ; Sportler 1:  $r = .82$   $p < .001$ ).

Für die Trainer zeigt sich ein positiver Einfluss der Arbeitsgedächtnisleistung ( $\beta = .147$ ). Für die Sportler zeigt sich ein positiver Einfluss der Phonologischen Bewusstheit ( $\beta = .151$ ). Das OnTask- oder OffTask-Verhalten, die Sprachkompetenz und Intelligenz beeinflussen die kurzfristige Entwicklung in beiden Rollen der peer-gestützten Förderung nicht (s. Tabelle 19 und Tabelle 20).

Auf Grund der Zusammenarbeit eines leistungsstarken und eines leistungsschwachen Kindes könnte die Leistungsdifferenz zwischen Trainer und Sportler eines Tandems Einfluss auf die kurzfristige Entwicklung nehmen. Dies wird für unspezifische Faktoren und mathematische Fertigkeiten untersucht. Weder die Differenz in mathematischen Fertigkeiten noch die unspezifischen Faktoren nehmen signifikanten Einfluss auf die kurzfristige Entwicklung in beiden Rollen (s. Tabelle 21 und Tabelle 22).

Ebenso könnte auch die Leistungsausprägung des einen Tandempartners Einfluss auf die kurzfristige Leistungsentwicklung des anderen Tandempartners nehmen. Daher wurde als weitere Variable für den Trainer die Leistungsausprägung „seines“ Sportlers zugewiesen. Dem Sportler wurde als weitere Variable die Leistungsausprägung „seines“ Trainers hinzugefügt. Dieses Vorgehen fand immer innerhalb eines Teams statt, so dass die Leistungen von Trainer und Sportler eines Tandems ausgetauscht also der jeweils anderen Rolle zugeschrieben wurden. Im Folgenden wird dieses Vorgehen „Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung“ genannt. Der Einfluss wird für spezifische und unspezifische Faktoren sowie für das beobachtete Verhalten in einer Fördersitzung untersucht. Für beide Rollen nimmt keine ausgetauschte Leistungsausprägung signifikanten Einfluss (s. Tabelle 23 und Tabelle 24).



## Ergebnisse

*Tabelle 19: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren des Trainers auf seine kurzfristige Entwicklung.*

	Korrelation mit NT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
OnTask (N = 62)	$r = -.20$	-.061	-.784	<i>n.s.</i>	1.032
OffTask (N = 62)	$r = .09$	-.029	-.376	<i>n.s.</i>	1.026
Arbeitsgedächtnis (N = 75)	$r = .47^{**}$	.147	1.961	$p < .05$	1.236
Intelligenz (N = 75)	$r = .32^{**}$	.023	0.304	<i>n.s.</i>	1.162
Sprachkompetenz (N = 75)	$r = .51^{**}$	.030	0.338	<i>n.s.</i>	1.602
Phonologische Bewusstheit (N = 75)	$r = .34^{**}$	.049	0.652	<i>n.s.</i>	1.162

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

*Tabelle 20: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren des ersten Sportlers auf seine kurzfristige Entwicklung*

	Korrelation mit NT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
OnTask (N = 59)	$r = -.05$	-.029	-.384	<i>n.s.</i>	1.001
OffTask (N = 59)	$r = .02$	-.083	-1.115	<i>n.s.</i>	1.016
Arbeitsgedächtnis (N = 69)	$r = .53^{**}$	.131	1.684	<i>n.s.</i>	1.363
Intelligenz (N = 71)	$r = .39^{**}$	.077	1.037	<i>n.s.</i>	1.184
Sprachkompetenz (N = 71)	$r = .59^{**}$	.108	1.217	<i>n.s.</i>	1.707
Phonologische Bewusstheit (N = 70)	$r = .45^{**}$	.151	2.066	$p < .05$	1.173

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

*Tabelle 21: Lineare Regression von Leistungsdifferenzen zwischen Trainer und Sportler auf die kurzfristige Entwicklung des Trainers.*

	Korrelation mit NT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 71)	$r = .11$	.035	0.480	<i>n.s.</i>	1.008
Arbeitsgedächtnis (N = 71)	$r = .12$	.072	1.022	<i>n.s.</i>	1.003
Intelligenz (N = 75)	$r = -.02$	-.036	-0.520	<i>n.s.</i>	1.000
Sprachkompetenz (N = 75)	$r = -.07$	.021	0.297	<i>n.s.</i>	1.014
Phonologische Bewusstheit (N = 73)	$r = -.01$	-.006	-0.086	<i>n.s.</i>	1.000

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

## Ergebnisse

*Tabelle 22: Lineare Regression von Leistungsdifferenzen zwischen Trainer und Sportler auf die kurzfristige Entwicklung des ersten Sportlers.*

	Korrelation mit NT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 71)	$r = .51^{**}$	-.071	-0.776	<i>n.s.</i>	1.783
Arbeitsgedächtnis (N = 69)	$r = .19$	.038	0.551	<i>n.s.</i>	1.033
Intelligenz (N = 71)	$r = .13$	-.024	-0.336	<i>n.s.</i>	1.037
Sprachkompetenz (N = 71)	$r = .36^{**}$	.070	0.960	<i>n.s.</i>	1.146
Phonologische Bewusstheit (N = 70)	$r = .19$	.126	1.852	<i>n.s.</i>	1.007

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

*Tabelle 23: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf den kurzfristigen Fördererfolg des Trainers*

	Korrelation mit NT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 71)	$r = .51^{**}$	-.047	-0.480	<i>n.s.</i>	1.817
OnTask (N = 57)	$r = .05$	.035	0.428	<i>n.s.</i>	1.000
OffTask (N = 57)	$r = -.04$	-.143	-1.795	<i>n.s.</i>	1.016
Arbeitsgedächtnis (N = 71)	$r = .25^*$	.000	-0.004	<i>n.s.</i>	1.102
Intelligenz (N = 75)	$r = .34^{**}$	.074	1.017	<i>n.s.</i>	1.126
Sprachkompetenz (N = 75)	$r = .39^{**}$	-.010	-0.122	<i>n.s.</i>	1.325
Phonologische Bewusstheit (N = 73)	$r = .31^{**}$	.050	0.673	<i>n.s.</i>	1.121

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

*Tabelle 24: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf den kurzfristigen Fördererfolg des ersten Sportlers.*

	Korrelation mit NT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 71)	$r = .60^{**}$	.073	0.776	<i>n.s.</i>	1.867
OnTask (N = 58)	$r = -.16$	.008	0.102	<i>n.s.</i>	1.045
OffTask (N = 58)	$r = .16$	.048	0.629	<i>n.s.</i>	1.020
Arbeitsgedächtnis (N = 71)	$r = .38^{**}$	.111	1.533	<i>n.s.</i>	1.144
Intelligenz (N = 71)	$r = .21^*$	.099	1.439	<i>n.s.</i>	1.018
Sprachkompetenz (N = 71)	$r = .42^{**}$	.012	0.148	<i>n.s.</i>	1.336
Phonologische Bewusstheit (N = 71)	$r = .25^*$	-.039	-0.538	<i>n.s.</i>	1.131

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

### 6.3.2 Einflüsse auf die längerfristige Leistungsentwicklung

Äquivalent zur Analyse der Einflüsse auf die kurzfristige Leistungsentwicklung werden nun die Einflüsse von OnTask- und OffTask-Verhalten sowie Arbeitsgedächtnisleistung, Intelligenz, Sprachkompetenz und Phonologische Bewusstheit auf die längerfristige Entwicklung untersucht. Hierzu wird der Leistungsstand gemessen mit dem MBK-1 (Ennemoser et al., 2018) sechs Monate nach Ende der Förderung verwendet. Die Korrelation zwischen Vortest und Follow-Up Ergebnis beträgt für die Trainer  $r = .57$  und für die ersten Sportler  $r = .64$ . Sie ist damit recht hoch.

Die längerfristige mathematische Entwicklung der Trainer ist abhängig von der Leistungsausprägung der Phonologischen Bewusstheit ( $\beta = .230$ ). Hier gilt eine höhere Leistungsausprägung der Phonologischen Bewusstheit führt zu einer besseren Leistungsentwicklung in frühen mathematischen Kompetenzen. Die mathematische Leistungsentwicklung der ersten Sportler hängt von der Häufigkeit des OffTask-Verhaltens ab ( $\beta = -.251$ ), so dass ein häufiges OffTask-Verhalten die Leistungsentwicklung negativ beeinflusst (s. Tabelle 25 und Tabelle 26).

Die Untersuchung des Einflusses von Leistungsdifferenzen zwischen den Tandemmitgliedern auf die längerfristige Entwicklung zeigt für keine der beiden Rollen einen signifikanten Faktor (s. Tabelle 27 und Tabelle 28).

In der Analyse von Einflüssen der ausgetauschten Leistungsausprägungen zeigt sich, dass die Arbeitsgedächtnisleistung des Sportlers Einfluss auf die längerfristige Entwicklung des Trainers nimmt ( $\beta = .217$ ). Dieses Ergebnis zeigt an, dass eine hohe Arbeitsgedächtnisleistung des Sportlers zu einem hohen Trainingserfolg des Trainers führt. Für die längerfristige Entwicklung des ersten Sportlers zeigt sich dagegen kein signifikanter Einfluss von Leistungsausprägungen des Trainers (s. Tabelle 29 und Tabelle 30).

*Tabelle 25: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren des Trainers auf seine längerfristige Entwicklung*

	Korrelation mit FU2- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
OnTask (N = 53)	$r = .01$	.141	1.177	<i>n.s.</i>	1.053
OffTask (N = 53)	$r = .10$	0.056	0.474	<i>n.s.</i>	1.007
Arbeitsgedächtnis (N = 63)	$r = .16$	-.114	-0.975	<i>n.s.</i>	1.235
Intelligenz (N = 63)	$r = .25^*$	.059	0.524	<i>n.s.</i>	1.144
Sprachkompetenz (N = 63)	$r = .34^{**}$	.035	0.272	<i>n.s.</i>	1.438
Phonologische Bewusstheit (N = 63)	$r = .39^{**}$	.230	2.121	$p < .05$	1.122

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

## Ergebnisse

*Tabelle 26: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren des ersten Sportlers auf seine längerfristige Entwicklung*

	Korrelation mit FU2- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
OnTask (N = 49)	$r = .05$	.064	0.581	<i>n.s.</i>	1.000
OffTask (N = 49)	$r = -.18$	-.251	-2.410	$p < .05$	1.010
Arbeitsgedächtnis (N = 55)	$r = .47^{**}$	.173	1.481	<i>n.s.</i>	1.354
Intelligenz (N = 57)	$r = .43^{**}$	.203	1.835	<i>n.s.</i>	1.200
Sprachkompetenz (N = 57)	$r = .39^{**}$	-.047	-0.348	<i>n.s.</i>	1.709
Phonologische Bewusstheit (N = 56)	$r = .38^{**}$	.137	1.226	<i>n.s.</i>	1.199

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

*Tabelle 27: Lineare Regression von Leistungsdifferenzen zwischen Trainer und Sportler auf die längerfristige Entwicklung des Trainers.*

	Korrelation mit FU2- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 59)	$r = -.03$	-.085	-0.770	<i>n.s.</i>	1.010
Arbeitsgedächtnis (N = 59)	$r = -.13$	-.202	-1.911	<i>n.s.</i>	1.014
Intelligenz (N = 63)	$r = -.05$	-.025	-0.239	<i>n.s.</i>	1.001
Sprachkompetenz (N = 63)	$r = -.18$	-.097	-0.910	<i>n.s.</i>	1.023
Phonologische Bewusstheit (N = 61)	$r = .16$	.154	1.458	<i>n.s.</i>	1.000

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

*Tabelle 28: Lineare Regression von Leistungsdifferenzen zwischen Trainer und Sportler auf die längerfristige Entwicklung des ersten Sportlers.*

	Korrelation mit FU2- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 57)	$r = .37^{**}$	-.055	-0.413	<i>n.s.</i>	1.636
Arbeitsgedächtnis (N = 55)	$r = .19$	.119	1.167	<i>n.s.</i>	1.013
Intelligenz (N = 57)	$r = .25^*$	.170	1.662	<i>n.s.</i>	1.016
Sprachkompetenz (N = 57)	$r = .24^*$	.065	0.602	<i>n.s.</i>	1.088
Phonologische Bewusstheit (N = 56)	$r = .12$	.054	0.519	<i>n.s.</i>	1.011

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

*Tabelle 29: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf den längerfristigen Fördererfolg des Trainers.*

	Korrelation mit FU2- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 59)	$r = .41^{**}$	.106	0.770	<i>n.s.</i>	1.581
OnTask (N = 47)	$r = -.02$	.026	0.203	<i>n.s.</i>	1.008
OffTask (N = 47)	$r = .21$	.170	1.378	<i>n.s.</i>	1.003
Arbeitsgedächtnis (N = 59)	$r = .35^{**}$	.217	2.014	$p < .05$	1.061
Intelligenz (N = 63)	$r = .30^{**}$	.095	0.834	<i>n.s.</i>	1.175
Sprachkompetenz (N = 63)	$r = .38^{**}$	.134	1.123	<i>n.s.</i>	1.302
Phonologische Bewusstheit (N = 61)	$r = .13$	-.029	-0.261	<i>n.s.</i>	1.083

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

*Tabelle 30: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf den längerfristigen Fördererfolg des ersten Sportlers.*

	Korrelation mit FU2- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 57)	$r = .52^{**}$	.066	0.413	<i>n.s.</i>	2.374
OnTask (N = 46)	$r = -.07$	.054	0.451	<i>n.s.</i>	1.040
OffTask (N = 46)	$r = .12$	.034	0.287	<i>n.s.</i>	1.019
Arbeitsgedächtnis (N = 57)	$r = .34^{**}$	.059	0.507	<i>n.s.</i>	1.258
Intelligenz (N = 57)	$r = .13$	-.057	-0.525	<i>n.s.</i>	1.082
Sprachkompetenz (N = 57)	$r = .25$	-.191	-1.524	<i>n.s.</i>	1.517
Phonologische Bewusstheit (N = 57)	$r = .26^*$	.053	0.482	<i>n.s.</i>	1.122

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

### 6.3.3 Einflüsse auf den Transfereffekt zur Rechenleistung

Im Folgenden werden nun die Einflüsse von OnTask- und OffTask-Verhalten sowie Arbeitsgedächtnisleistung, Intelligenz, Sprachkompetenz und Phonologische Bewusstheit auf den Transfereffekt „Rechenleistung“ untersucht. Der Transfereffekt wurde mit der Rechentreppe (Ennemoser et al., 2018) sechs Monate nach Ende der Förderung erhoben. Die hochsignifikante Korrelation zwischen Vortest und Transfermaß beträgt  $r = .51$  und ist hoch.

Auf die Transferleistung, also dem Übertrag der trainierten Inhalte auf Rechenkompetenz, zeigt sich die Entwicklung der Trainer abhängig vom OffTask-Verhalten ( $\beta = .286$ ). Dieser Einfluss legt nahe, dass mehr OffTask-Verhalten bei Trainern einen höheren Lernerfolg im Transfermaß erzeugt. Dies ist erwartungswidrig. Für die Sportler zeigt sich ein negativer Einfluss der Sprachkompetenz auf den Erwerb des Rechnens ( $\beta = -.486$ ). Dieses Ergebnis legt nahe, dass der Fördererfolg für Kinder mit

## Ergebnisse

schwächerer Sprachkompetenz größer ist als für Kinder mit besserer Sprachkompetenz. Für keinen weiteren Faktor kann ein Einfluss gefunden werden (s. Tabelle 31 und Tabelle 32).

In der Untersuchung des Einflusses von Leistungsdifferenzen zwischen den Tandemmitgliedern auf die Rechenleistung zeigt sich für die Trainer kein Faktor signifikant. Für die ersten Sportler zeigt sich ein positiver Einfluss der Vortestleistungsdifferenz ( $\beta = .526$ ). Wenn diese hoch ist, zeigt sich auch ein höherer Transfereffekt auf den Rechenerwerb. Weitere Faktoren werden für Trainer und Sportler nicht signifikant (s. Tabelle 33 und Tabelle 32).

In der Analyse von Einflüssen der ausgetauschten Leistungsausprägungen zeigt sich für die Trainer kein Faktor signifikant. Für die Sportler zeigt sich die Vortestleistung des Trainers als hochsignifikant ( $\beta = -.678$ ) und die Sprachkompetenz als signifikante Einflussgröße ( $\beta = -.301$ ). Beide Ergebnisse zeigen, dass der Leistungsstand des Trainers zum Vortest im inhaltsnahen Maß und in der Sprachkompetenz recht hoch sein soll, um einen größtmöglichen Fördererfolg im Transfermaß zu erzielen (s. Tabelle 35 und Tabelle 36).

*Tabelle 31: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren auf die Transferleistung "Rechnen" des Trainers.*

	Korrelation mit NT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
OnTask (N = 55)	$r = -.14$	-.085	-0.636	<i>n.s.</i>	1.034
OffTask (N = 55)	$r = .31^*$	.286	2.254	$p < .05$	1.010
Arbeitsgedächtnis (N = 65)	$r = .16$	.016	0.123	<i>n.s.</i>	1.245
Intelligenz (N = 65)	$r = .02$	-.099	-0.788	<i>n.s.</i>	1.111
Sprachkompetenz (N = 65)	$r = .13$	-.073	-0.508	<i>n.s.</i>	1.427
Phonologische Bewusstheit (N = 65)	$r = .27^*$	.177	1.405	<i>n.s.</i>	1.137

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

*Tabelle 32: Lineare Regression von Verhalten und unspezifischen Faktoren auf die Transferleistung "Rechnen" des ersten Sportlers.*

	Korrelation mit RT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
OnTask (N = 46)	$r = -.14$	-.126	-0.950	<i>n.s.</i>	1.001
OffTask (N = 46)	$r = .03$	-.033	-0.241	<i>n.s.</i>	1.015
Arbeitsgedächtnis (N = 52)	$r = .31^*$	.090	0.619	<i>n.s.</i>	1.349
Intelligenz (N = 54)	$r = .18$	-.029	-0.210	<i>n.s.</i>	1.219
Sprachkompetenz (N = 54)	$r = .04$	-.486	-3.283	$p < .01$	1.760
Phonologische Bewusstheit (N = 53)	$r = .19$	-.022	-0.160	<i>n.s.</i>	1.245

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

*Tabelle 33: Lineare Regression von Leistungsdifferenzen zwischen Trainer und Sportler auf die Transferleistung "Rechnen" des Trainers.*

	Korrelation mit RT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 61)	$r = .03$	.003	0.021	<i>n.s.</i>	1.009
Arbeitsgedächtnis (N = 61)	$r = .06$	.015	0.122	<i>n.s.</i>	1.020
Intelligenz (N = 65)	$r = -.06$	-.027	-0.222	<i>n.s.</i>	1.007
Sprachkompetenz (N = 65)	$r = .12$	.163	1.370	<i>n.s.</i>	1.012
Phonologische Bewusstheit (N = 63)	$r = .13$	.120	0.994	<i>n.s.</i>	1.001

\*  $p < .05$     \*\*  $p < .01$

*Tabelle 34: Lineare Regression von Leistungsdifferenzen zwischen Trainer und Sportler auf die Transferleistung "Rechnen" des ersten Sportlers.*

	Korrelation mit RT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 54)	$r = .62^{**}$	.526	3.757	$p < .001$	1.661
Arbeitsgedächtnis (N = 52)	$r = .12$	.077	0.611	<i>n.s.</i>	1.009
Intelligenz (N = 54)	$r = .16$	.102	0.832	<i>n.s.</i>	1.018
Sprachkompetenz (N = 54)	$r = -.02$	-.175	-1.392	<i>n.s.</i>	1.094
Phonologische Bewusstheit (N = 53)	$r = .02$	-.032	-0.255	<i>n.s.</i>	1.013

\*  $p < .05$     \*\*  $p < .01$

*Tabelle 35: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf die Transferleistung "Rechnen" des Trainers.*

	Korrelation mit RT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 61)	$r = .18$	-.003	-0.021	<i>n.s.</i>	1.552
OnTask (N = 48)	$r = -.20$	-.184	-1.294	<i>n.s.</i>	1.006
OffTask (N = 48)	$r = .16$	.138	0.965	<i>n.s.</i>	1.005
Arbeitsgedächtnis (N = 61)	$r = .10$	.033	0.260	<i>n.s.</i>	1.046
Intelligenz (N = 65)	$r = .08$	-.054	-0.420	<i>n.s.</i>	1.177
Sprachkompetenz (N = 65)	$r = -.04$	-.240	-1.839	<i>n.s.</i>	1.256
Phonologische Bewusstheit (N = 63)	$r = .08$	-.004	-0.035	<i>n.s.</i>	1.066

\*  $p < .05$     \*\*  $p < .01$

## Ergebnisse

*Tabelle 36: Lineare Regression der ausgetauschten Leistungsausprägung auf die Transferleistung "Rechnen" des ersten Sportlers.*

	Korrelation mit RT- Ergebnis	Beta	T	Signifikanz	VIF
Vortestleistung mathematischer Fertigkeiten (N = 54)	$r = .14$	-.678	-3.757	$p < .001$	2.756
OnTask (N = 43)	$r = -.19$	-.112	-0.806	<i>n.s.</i>	1.030
OffTask (N = 43)	$r = .21$	.145	1.058	<i>n.s.</i>	1.018
Arbeitsgedächtnis (N = 54)	$r = .23^*$	.001	0.005	<i>n.s.</i>	1.281
Intelligenz (N = 54)	$r = -.04$	-.189	-1.505	<i>n.s.</i>	1.089
Sprachkompetenz (N = 54)	$r = .09$	-.301	-2.062	$p < .05$	1.533
Phonologische Bewusstheit (N = 54)	$r = .19$	.025	0.193	<i>n.s.</i>	1.149

\*  $p < .05$     \*\*  $p < .01$



## 7 Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte den Effekt zweier Versionen des Trainingsprogramms „Mengen, zählen, Zahlen“ (MZZ; Krajewski et al., 2007) bei Kindern im Vorschulalter. In einer Version wurde das MZZ in einer kleingruppen-orientierten Version wie im Original eingesetzt. In einer zweiten Version wurde das MZZ an die Bedürfnisse einer peer-gestützten Förderung angepasst. Die beiden Versionen wurden in unterschiedlichen Untersuchungsgruppen angewendet und mit der Entwicklung einer Kontrollgruppe ohne spezifische Förderung verglichen. Nun werden die in Kapitel 04 aufgestellten Untersuchungsfragen und Hypothesen mit den Ergebnissen aus Kapitel 6 beantwortet und diskutiert.

Zunächst werden der spezifische Fördererfolg und dessen Einflussfaktoren betrachtet. Darauf folgt die Beschreibung methodischer Einschränkungen dieser Studie. Die Arbeit endet mit Implikationen für Forschung und Praxis.

### 7.1 *Wirksamkeit des Trainings unter Berücksichtigung von Einflussfaktoren*

In der ersten Fragestellung wurde nach kurz- und langfristigen Fördereffekten der beiden Trainings im Vergleich zu einer ungeforderten Kontrollgruppe gefragt. Die folgenden Antworten erfolgen in der Reihenfolge der Hypothesen.

In Hypothese 1.a wurde angenommen, dass beide Trainings kurzfristig wirksam sind und eine bessere Entwicklung zeigen als die Kontrollgruppe ohne spezifische Förderung. Außerdem wurde angenommen, dass die peer-gestützte Trainingsversion einen höheren Fördereffekt erzielt als die kleingruppen-orientierte Version.

Die Befundlage zu dieser Hypothese ist heterogen. Erwartungskonform erzielen Kinder der peer-gestützten Förderung einen signifikanten Fördererfolg zwischen Vor- und Nachtest, der höher ausfällt als der Fortschritt in der Kontrollgruppe ohne spezifische Förderung. Der Effekt fällt mit  $d_{Korr} = 0.14$  sehr klein aus. Ausschließlich die Sportler in zweier Tandems und die ersten Sportler in Dreiergruppen konnten von der Förderung im Vergleich zu dieser Kontrollgruppe profitieren. Der Unterschied im Fördererfolg zur kleingruppen-orientierten Förderung wird nicht signifikant und liegt nur tendenziell vor. Entgegen bisheriger Ergebnisse zum Einsatz des Förderprogramms „Mengen, zählen, Zahlen“ (MZZ; Krajewski et al., 2007) bei Vorschulkindern erzielen die Kinder in der kleingruppen-orientierten Förderung keinen kurzfristigen Fördererfolg, der signifikant besser ausfällt als die Entwicklung einer Kontrollgruppe ohne spezifische Förderung. Eine Begründung hierfür könnte in der Verwendung eines abgewandelten Testverfahrens liegen. Bislang wurde zur Bemessung des Fördererfolgs der MBK-0 (Krajewski, 2017) in seiner Originalfassung, also ohne Zahlenstrahl, verwendet. In der vorliegenden Studie wurde allerdings der Subtest „Zahlenstrahl“ des ZAREKI-K (Aster et al., 2006) als Subtest auf Ebene 2 des MBK-0 ergänzt. Auch der Durchführungszeitpunkt der Förderung wurde gegenüber bisherigen Studien verlegt, so dass die Förderung zeitlich näher am

Einschulungstag der Kinder lag. Auch dies könnte einen Einfluss auf den ausgebliebenen Fördererfolg der Kinder genommen haben. Zudem wurden bisherige Studien zur Evaluation im Kindergartenalter ausschließlich in der Region Würzburg durchgeführt. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass ggf. andere Kindergartenprogramme den Fördererfolg bisher positiv beeinflusst haben. Neu im Vergleich zu bisherigen Studien ist auch, dass sprachkompetentere Kinder einen höheren kurzfristigen Lernzuwachs unabhängig von Förderung erzielen. Sprachkompetente Kinder haben mehr Möglichkeiten sich zu verständigen und andere Kinder zu verstehen. Dies ist eine grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche verbale Kommunikation, die für die Entwicklung und Förderung aller Kinder wichtig ist. Denn neben den Aktionen am anschaulichen Material sollen sich die Kinder insbesondere in der peer-gestützten Förderung untereinander die Aufgaben erklären und Korrekturen vornehmen, was meist verbal geschieht. Auch in der kleingruppen-orientierten Förderung wird Wert auf die Verwendung korrekter mathematischer Sprache gelegt, womit deutlich wird, dass hier der Sprachentwicklungsstand entscheidend zum Verständnis mathematischer Kompetenzen beitragen könnte. Mit Blick auf die Vortestunterschiede im Sprachentwicklungsstand zugunsten der kleingruppen-orientierten Förderung ist zu vermuten, dass der Förderereffekt zwischen den beiden Gruppen bei gleichem mittleren Kompetenzniveau in Sprachfertigkeiten noch höher zu Gunsten der peer-gestützten Förderung hätte ausgefallen können.

In Hypothese 1.b wurde postuliert, dass für beide Trainings ein langfristiger spezifischer Fördererfolg vorliegt, wobei erneut die peer-gestützte Förderung einen höheren Fördereffekt erzielt als die kleingruppen-orientierte Förderung. Die Ergebnisse zu dieser Hypothese werden nach Messzeitpunkt (drei bzw. sechs Monaten nach Ende der Förderung) getrennt dargestellt.

Entgegen den Erwartungen konnte drei Monate nach Ende der Förderung kein signifikanter Unterschied zwischen den Trainingsgruppen und der natürlichen Entwicklung gefunden werden. Für dieses Ergebnis könnten das eingesetzte Verfahren und der Messzeitpunkt eine wichtige Rolle spielen. Die Schüler waren zum Testzeitpunkt erst wenige Wochen in der Schule. Die Kinder lernten gerade das Schreiben der Zahlen. Diese Kompetenz wird zwar im eingesetzten Verfahren (MBK-1; Ennemoser et al., 2018) vorausgesetzt, im durchgeführten Training aber nicht vermittelt. Da das eingesetzte Verfahren bislang noch nicht so früh in der Schulkarriere der Kinder eingesetzt und diese Schwierigkeit im Vorhinein vermutet wurde, wurde versucht eine Multiple-Choice Version des Verfahrens zu entwickeln. Die Testgütekriterien waren allerdings nicht ausreichend, so dass die Ergebnisse nicht verwendet werden konnten. So könnten mögliche Fördererfolge drei Monate nach Ende der Förderung durch die fehlende Kompetenz des Zahlenschreibens verdeckt bleiben. Um dies zukünftig zu vermeiden, wäre die Entwicklung eines Verfahrens wichtig, das unabhängig von der Kompetenz Zahlen schreiben zu können frühe mathematische Leistungen in der ersten Klasse zuverlässig testet.

Sechs Monate nach Ende der Förderung zeigt sich das kleingruppen-orientierte Training effektiv, was im Einklang mit bisherigen Forschungsergebnissen zum MZZ steht, die für

Kindergartenkinder bereits einen langfristigen Fördererfolg und für sekundärpräventiv geförderten Erstklässlern einen verzögerten Transfereffekt auf die Rechenleistung zeigen (für einen Überblick: Krajewski & Simanowski, 2016; Schneider et al., 2013). Die Effektstärke des Unterschieds zwischen kleingruppen-orientierter und peer-gestützter Förderung beträgt  $d_{Korr} = 0.30$  und liegt somit an der unteren Grenze einer mittleren Effektstärke. Nur das kleingruppen-orientierte Training zeigt sich zu diesem Zeitpunkt effektiv. Dieses Ergebnis könnte darauf zurückzuführen sein, dass in der kleingruppen-orientierten Förderung Erwachsene das Training durchführten, die in Schulungen Entwicklungsmodelle und Vermittlungstechniken kennengelernt haben. Insbesondere das Wissen über die Entwicklungsmodelle ermöglicht es flexibler auf die Bedürfnisse der Kinder einzugehen, in dem sie Beispielantworten entsprechend formulieren und sie können die Aufmerksamkeit der Kinder gezielt auf relevante Punkte lenken, so dass die Zone der nächsten Entwicklung im Fokus der Förderung steht (vgl. Kutzer, 1983; Schneider et al., 2013). Dieses Wissen stand in der peer-gestützten Förderung nur den Erwachsenen Gruppenleitungen aber nicht den Kindern, die die Trainerrolle innehatten, zur Verfügung. Die Trainer konnten folglich nicht erkennen, welche Intervention oder Korrektur für seinen Sportler wichtig ist, um die Zone der nächsten Entwicklungsstufe zu erreichen. Fraglich ist auch, ob das Wissen über die Entwicklungsstufen für die Trainer hilfreich gewesen wäre. Denn sie hätten ohne entsprechende Erfahrung über Handlungsalternativen in der Korrektur keine zielführende Korrektur vornehmen können. Weil diese Schwierigkeiten vor Beginn der Studie vermutet wurden, erhielten die Kinder in der peer-gestützten Förderung ein Training zu rollenspezifischem Verhalten. Allerdings scheint dies eher dem ruhigen Ablauf einer Trainingseinheit als der Vermittlung von frühen mathematischen Kompetenzen gedient zu haben. Aus Rückmeldungen der durchführenden Hilfskräfte und Erzieher ist zu entnehmen, dass diese den Eindruck hatten, die Kinder scheinen eher gemeinsam mit dem Material „zu spielen“ als konsequent die geplante Sitzung in klar getrennten Rollen durchzuführen. Dieser Eindruck könnte entscheidend für die weitere Entwicklung von peer-gestützten Programmen für das Kindergartenalter sein und deckt sich mit Ergebnissen von Cooper und Cooper (1984), Michaels und Bruce (1991) und Palinscar und Brown (1989). Auch in diesen Studien gab es Hinweise darauf, dass jüngere Kinder eher dazu tendieren, miteinander zu spielen als die Rolleneinteilung strikt einzuhalten. Gleichzeitig deuten diese Aussagen der Erzieher und Studenten in der Zusammenschau mit den Ergebnissen von Cooper & Cooper (1984) und Palinscar & Brown (1989) und der vorliegenden Studie darauf hin, dass mit peer-gestützter Förderung im Vorschulalter nur schwer strategisches Wissen vermittelt werden kann. Dies steht im Einklang mit bisherigen Forschungsergebnissen zur Effektivität von Fördermethoden (vgl. Fuchs et al., 1994). So definiert Grünke (2006), dass „tutorielles Lernen immer dann [stattfindet], wenn zwei Schüler gemeinsam an der Wiederholung, Vertiefung und Überprüfung ihrer Kenntnisse in einem Unterrichtsfach arbeiten.“ (S. 242) Er spricht gezielt von „Wiederholung“ und nicht von Erarbeiten neuer Inhalte. Aber genau dies war in Teilen Ziel der vorliegenden Studie, weshalb in der peer-gestützten Förderung zu Beginn jeder Sitzung eine Erklärung der Inhalte und Aufgaben erfolgte. Die kurzfristigen Effekte deuten darauf hin, dass ein

Erkenntnisgewinn erzielt wurde, die Wiederholungen aber nicht ausreichten, um einen nachhaltigen Erkenntnisgewinn zu erzielen. Denkbar, aber als Ursache für diesen Effekt auszuschließen, ist, dass die längerfristige Entwicklung ein Effekt der Vertrautheit mit einer Methodik ist. So könnten Kinder in der kleingruppen-orientierten Förderung durch die lehrerzentrierte Instruktion eine gängige Unterrichtsmethode im Anfangsunterricht bereits kennengelernt haben, die es ihnen ermöglicht dem Unterricht besser folgen und ihr Wissen somit besser sichern und erweitern zu können. Dies ist allerdings auszuschließen, da alle Kinder, auch die Kinder der Kontrollgruppe, die schulvorbereitenden Maßnahmen der Einrichtungen besucht haben und auch in der peer-gestützten Förderung Elemente einer Kleingruppenförderung enthalten waren. Im Kontext „Unterricht“ muss für die Interpretation der langfristigen Ergebnisse erwähnt werden, dass die Schülerinnen und Schüler zum Zeitpunkt der zweiten Follow-Up Erhebung bereits ein halbes Jahr in der Schule waren. Es könnte also sein, dass Unterrichtsinhalte und Unterrichtsqualität auf den längerfristigen Fördererfolg wirken. Dazu kann aber keine Aussage getroffen werden, da hierzu keine Daten vorliegen. Es ist aber von einer Gleichverteilung von Unterrichtsqualität zwischen den Untersuchungsgruppen auszugehen, da die teilnehmenden Kinder sich auf zahlreiche Klassen verteilten. Insgesamt scheinen intelligentere Kinder einen höheren längerfristigen Fördererfolg zu erzielen. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit dem Ergebnis von Stern (2003). Sie kommt zu dem Ergebnis, dass Kinder mit einer höheren Intelligenz über die Zeit mehr mathematisches Wissen erwerben.

In Hypothese 1.c wurde gefragt, ob der kurz- und langfristige Fördererfolg unabhängig von der Förderpersonenart (Student vs. Erzieher) ist. Die Hypothese muss verworfen werden. Es scheint kurzfristig nur die peer-gestützte Förderung durch Studenten eine signifikant bessere Leistungsentwicklung als in der Kontrollgruppe zu bewirken, wenn die Vortestunterschiede in Sprachfertigkeiten kontrolliert werden. Die kleingruppen-orientierte Förderung durch Studenten erzielt langfristig signifikant bessere Ergebnisse als die peer-gestützte Förderung mit Studenten aber nicht als die Kontrollgruppe. Der höhere Fördererfolg der Gruppen, in denen Studenten die Förderung übernahmen, kann durch die Teilnahme an den Supervisionsmöglichkeiten während der Förderung erklärt werden. Studenten nahmen deutlich häufiger und zahlreicher teil als Erzieher. Durch den Austausch über Lösungsvorschläge zu aktuellen Schwierigkeiten in der Durchführung der Trainings könnten positive Effekte erzielt worden sein (vgl. Ennemoser, Lehnigk, Hohmann & Pepouna, 2015).

Hypothese 1.d muss verworfen werden. Es profitieren nur die Sportler in Zweiergruppen und die ersten Sportler in Dreiergruppen kurzfristig von peer-gestützter Förderung im Vergleich zu einer ungeförderten Kontrollgruppe. Sechs Monate nach Ende der Förderung zeigen sich weder für Trainer noch für Sportler Effekte der Förderung. Angesichts der berichteten internationalen Studienergebnisse zu peer-gestützter Förderung überrascht, dass nur die ersten Sportler vom Training profitieren. Betrachtet man sich die Fallzahlen, so fällt auf, dass nur elf Kinder zweite Sportler waren. Mit  $n = 11$  ist die Testpower sehr gering, um signifikante Unterschiede identifizieren zu können. Die zweiten

Sportler weisen in ihrem durchschnittlichen Ausgangsniveau ein niedrigeres Niveau als die ersten Sportler auf ( $M_{1. \text{ Sportler}} = 36.65$ ;  $M_{2. \text{ Sportler}} = 25.41$ ). Es könnte spekuliert werden, ob das Training für dieses Niveau passend war oder ob basälere Inhalte für die Gruppe der zweiten Sportler notwendig gewesen wären. Zusätzlich muss davon ausgegangen werden, dass die Beschäftigungszeit mit Inhalt und Material in einer Dreiergruppe für jeden einzelnen geringer ausfällt als in Zweiertandems. Dies könnte zu einer systematischen Benachteiligung der zweiten Sportler geführt haben, so dass kein Fördererfolg im Kontrast zur natürlichen Entwicklung erzielt werden konnte. Die Passgenauigkeit zwischen Trainingsinhalten und Leistungsstand könnte auch für die fehlenden Fördererfolge der Trainer eine Rolle gespielt haben. Hier wäre in weiteren Studien zu überprüfen, ob es minimale oder maximale Leistungsstände gibt, für die das Training mit dem MZZ einen größtmöglichen Erfolg erzielt. Auch die Rückmeldung der Erzieher und Studenten, dass die Kinder eher gemeinsamen gespielt haben (vgl. Hypothese 1.b), ist zur Beurteilung des fehlenden langfristigen Fördererfolgs relevant. Ohne eine zielgerichtete Intervention muss der Fördererfolg niedriger ausfallen (Vygotsky, 1987).

Auch Hypothese 1.e muss verworfen werden. Nur die kleingruppen-orientierte Förderung kann den Anteil der Kinder im ersten Quintil langfristig und signifikant im Vergleich zu den anderen Versuchsgruppen reduzieren. Die längerfristige Stabilität der Personenanzahl mit einem Prozentrang  $< 20$  ist in der peer-gestützten Förderung am größten. Berücksichtigt man den erfolgreichen Transfer auf Rechenleistungen wird das Ergebnis noch deutlicher (s. Tabelle 18). Insbesondere die hohe Erfolgsquote in den Rechenleistungen der kleingruppen-orientierten Förderung zeigt, wie wichtig eine evidenzbasierte Förderung früher mathematischer Kompetenzen zur Prävention von Rechenschwäche ist.

Die zweite Fragestellung bezog sich auf inhaltsnahe und inhaltsferne Transfereffekte.

In den Hypothesen 2.a und 2.c wird davon ausgegangen, dass für beide Trainingsmethoden ein inhaltsnaher Transfereffekt erzielt wird. Mit Hypothese 2.e wird erwartet, dass Erzieher und Studenten vergleichbare Transfererfolge erzielen. Ein inhaltsnaher Transfereffekt zeigt sich nur für die kleingruppen-orientierte Förderung. Den besten Transfereffekt erzielt die studentische Förderung.

In der kleingruppen-orientierten Förderung überwacht ein geschulter Erwachsener die Entwicklung der Kinder und kann auf Grund seines Fachwissens, das ihm zuvor in Schulungen vermittelt wurde, die Förderung laufend an die Bedürfnisse der Kinder anpassen. Somit ist der Erwachsene in der Lage Fragen, Anregungen und Anmerkungen zu machen, die dazu dienen die Kinder zur nächsten Entwicklungsstufe zu führen. Ein solches Fachwissen haben die Kinder, die die Rolle eines Trainers übernehmen, nicht. Sie können also nur die Tätigkeiten auf einer Entwicklungsstufe überwachen, die sie selber beherrschen und ggf. Korrekturen vornehmen, aber nicht im Sinne Kutzers (1983) oder Vygotskys (1987) zielgerichtet auf die Zone der nächsten Entwicklung fördern. Außerdem hat Souvignier (2012) zusammengefasst, dass peer-gestützte Verfahren dazu dienen, bereits Erlerntes

zu sichern und zu üben. Das Erarbeiten neuer Inhalte ist mit dieser Methodik schwer möglich. Es könnte daher sein, dass die Instruktionsphasen, die der Lerntandemphase in jeder Sitzung vorausgeschaltet waren, zu kurz waren, als dass bereits ein Verständnis für die Inhalte erzielt werden konnte. Sollte dem so sein, ist der Übertrag des Gelernten auf Rechenfertigkeiten erschwert. An den berichteten Studien zu peer-gestützter Förderung nahmen überwiegend Schulkinder teil, während in dieser Studie mit Kindern im letzten Kindergartenjahr gearbeitet wurde. Es könnte also möglich sein, dass das Alter der Kinder eine entscheidende Rolle für den Fördererfolg hat. Schulkinder haben bereits mehr Selbst- und Fremdüberwachungsstrategien erworben und können diese erfolgreich zur Förderung von Peers anwenden. Kindergartenkinder beherrschen diese Strategien noch nicht, was u.a. die Rolleneinhaltung im Tandem erschwert, da den Tandempartnern durch eine noch nicht ausgereifte reflektierte Selbstwahrnehmung ggf. nicht eindeutig klar ist, wer der Leistungsstärkere ist. Indizien für diese Erklärung lassen sich in Forschungsergebnissen zur Entwicklung des Fähigkeitsselbstkonzepts finden (Holodynski, 2006). Das Selbstkonzept scheint in diesem Alter noch labil zu sein (Martschinke, 2001). Außerdem konnten Harter und Pike (1984) zeigen, dass bei jungen Kindern das Fähigkeitsselbstkonzept weniger differenziert und valide bestimmt werden kann als bei älteren Kindern. Helmke (1982) und Stipek (1988) fanden, dass Kinder zur Einschulung ihre eigenen Kompetenzen hoch einschätzen, diese Einschätzung im Verlauf der Schulzeit abnimmt und die Korrelation mit Fremdurteilen ansteigt. Außerdem benötigen Vorschulkinder für ein leistungsbezogenes Handeln die Präsenz eines wertschätzenden Anderen (Holodynski, 1992). Berichte der Studenten und Erzieher, die die Trainings durchführten, weisen darauf hin, dass die wertschätzenden Anderen in der vorliegenden Studie der erwachsene Gruppenleiter gewesen sein dürfte. In der vorliegenden Studie wurden die Tandems nach ihren Leistungsunterschieden in mathematischen Kompetenzen zum Vortest gebildet. Es wäre aber denkbar, dass andere Kriterien für die Tandembildung erfolgreicher wären. So könnte zum Beispiel ein eloquenter Sprachgebrauch oder die Fähigkeit gut erklären zu können wichtiger für den Fördererfolg sein. Da die ersten Sportler allerdings einen hohen kurzfristigen Fördererfolg erzielen konnten, würden sich diese Kriterien nur als zusätzliche Tandembildungskriterien -zusätzlich zum bereits angelegten Tandembildungskriterium des inhaltspezifischen Vortestergebnisses- eigenen. Weitere Forschung dazu sollte Klarheit darüber bringen. Der höhere Fördererfolg der Gruppen, in denen Studenten die Förderung übernahmen, kann ebenso wie in der Interpretation von Hypothese 1.c (s. 124) durch die Teilnahme an den Supervisionsmöglichkeiten während der Förderung erklärt werden.

Mit den Hypothesen 2.b und 2.d wird vermutet, dass sich für beide Trainings weder ein kurz- noch langfristiger inhaltsferner Effekt zeigt. Beide Hypothesen gelten als bestätigt. Alle Untersuchungsgruppen verbessern ihren Leistungsstand in Kontrollvariablen über die Zeit. Allerdings unterscheiden sich die Untersuchungsgruppen in ihrer Entwicklung nicht.

Die Befundlage eines inhaltsnahen aber keines inhaltsfernen Transfereffekts hat besondere Bedeutung für den Erfolg der Studie. Sie liefert damit weitere Evidenz für die Inhaltsspezifität der

Förderung und für den Transfer von frühen mathematischen Kompetenzen zur Rechenkompetenz. Ein weiteres wichtiges Ziel dieser Studie war die Prävention von Rechenschwäche, die ebenfalls langfristig in der kleingruppen-orientierten Förderung erreicht wurde. Somit gelten die wichtigen Kernziele dieser Studie für die kleingruppen-orientierte Förderung mit Vorschulkindern als erreicht.

Mit Fragestellung drei wird nach möglichen Verhaltensunterschieden der Kinder in unterschiedlichen Trainingsmethoden gesucht.

In Hypothese 3.a wird angenommen, dass Kinder in der peer-gestützten Förderung mehr OnTask-Verhalten zeigen als Kinder der kleingruppen-orientierten Förderung. Diese Hypothese gilt als bestätigt ( $M_{\text{Peer}} = 0.16$ ;  $M_{\text{KGT}} = 0.07$ ;  $t(182,199) = -10.36$   $p = .000$ ). Die peer-gestützte Förderung ermöglicht folglich einen höheren zeitlichen Anteil mit konkreter Beschäftigung mit dem Material und den Inhalten. Hiermit zeigt sich die Relevanz von arbeitsgedächtnisschonendem und am nächsthöheren Entwicklungsniveau orientierten Darstellungsmitteln, wie sie Krajewski & Simanowski (2017) fordern. Denn diese scheinen einen kurzfristigen Fördererfolg der peer-gestützten Förderung ermöglicht zu haben.

In Hypothese 3.b wird vermutet, dass Kinder der peer-gestützten Förderung weniger OffTask-Verhalten zeigen als Kinder der kleingruppen-orientierten Förderung. Diese Hypothese muss verworfen werden. Die Kinder beider Trainingsmethoden zeigen gleichermaßen wenig OffTask-Verhalten ( $M_{\text{Peer}} = 0.08$ ;  $M_{\text{KGT}} = 0.09$ ;  $t(260) = 1.169$  *n.s.*). Dies kann mit der guten Vermittlung der Regeln für die Förderung vor Beginn der mathematischen Förderung und mit der Konsequenz der Gruppenleiter auf Regeleinhaltung zu achten in Verbindung stehen. Daten über das Verhalten der Gruppenleiter wurde zwar erhoben. Die Testgütekriterien der Verfahren ließen aber einer Verwendung in dieser Studie nicht zu. Daher ist weitere Forschung in diesem Bereich notwendig.

Mit Fragestellung vier wurde untersucht, welche Einflussfaktoren den Erfolg peer-gestützter Förderung früher mathematischer Kompetenzen moderieren.

In Hypothese 4.a wird postuliert, dass der Fördererfolg der Rollen im peer-gestützten Training durch unspezifische Einflussfaktoren moderiert wird. Diese Hypothese wird für einzelne Einflussfaktoren bestätigt. So wirkt sich die eigene Arbeitsgedächtnisleistung positiv auf den kurzfristigen Fördererfolg des Trainers aus. Dieses Ergebnis ist theoriegeleitet erwartbar, da zur Lösung mathematischer Probleme Kerninformationen im Arbeitsgedächtnis gespeichert und manipuliert werden müssen (vgl. Kapitel 1.1.2). Ebenfalls theoriegeleitet nachvollziehbar ist der Einfluss der Phonologischen Bewusstheit auf den Lernerfolg der Sportler (vgl. Kapitel 1.1.4). Zum Zeitpunkt sechs Monate nach Ende der Förderung zeigt sich der erwartbare Einfluss des Phonologischen Bewusstheit diesmal auf den Fördererfolg der Trainer. Für die Sportler wirkt sich häufiges OffTask-Verhalten negativ auf die langfristige Leistungsentwicklung aus. Dies ist erwartungskonform, da durch OffTask-Verhalten Lerninhalte verpasst werden, die eine Grundlage für den Aufbau weiteren Wissen sind.

Erwartungswidrig für die Hypothesenüberprüfung ist allerdings, dass sich ein hohes OffTask-Verhalten der Trainer positiv auf den Transfererfolg auswirkt. Theoriegeleitet kann hierfür keine schlüssige Begründung gefunden werden. Statistisch liegt für die Variable „OffTask“ ein Bodeneffekt vor. Dieser könnte dazu geführt haben, dass wenige Fälle, die relativ zur Stichprobe ein sehr hohes OffTask-Verhalten und eine sehr gute Lernentwicklung in frühen mathematischen Kompetenzen zeigen, zu diesem Ergebnis geführt haben. Weitere Forschung sollte sich dieser Frage annehmen, um tiefere Erkenntnislage dafür herzustellen. Ebenso erwartungswidrig ist der negative Einfluss des Sprachentwicklungsstandes auf den Transfererfolg der Sportler. Es sollte davon auszugehen sein, dass Kinder mit einem hohem Sprachentwicklungsstand von der Förderung mehr profitieren, da keine oder nur wenige Sprachbarrieren vorliegen, die ein Verständnis erschweren. Hier deuten die Befunde darauf hin, dass Kinder mit einem niedrigen Sprachentwicklungsstand am meisten von der Förderung profitieren. Das anschauliche und auf den wesentlichen mathematischen Aspekt reduzierte Fördermaterial könnte hier eine Erklärung sein. Den Kindern mit niedrigem Sprachentwicklungsstand kann dadurch ein mathematisches Verständnis vermittelt werden, das sie aus bisherigen sprachorientierten alltäglichen Lernanlässen nicht entnehmen konnten. Sie zeigen somit einen höheren Lernerfolg als Kinder mit hohem Sprachentwicklungsstand. Da aber durch die zahlreichen Analysen eine Alpha-Inflation nicht auszuschließen ist, könnte es sich hier auch um einen Zufallsbefund handeln. Diese These sollte durch den Einsatz des Trainings bei Kindern mit Sprachstörungen daher unbedingt überprüft werden.

In Hypothese 4.b wird vermutet, dass die Leistungsausprägung der einen Rolle den Fördererfolg der anderen Rolle moderiert. Kurzfristig zeigt sich dies nicht. Langfristig zeigt es sich für die Trainer und zwar in der Form, dass eine hohe Leistungsfähigkeit im Arbeitsgedächtnis des Sportlers die Leistung des Trainers positiv moderiert. Außerdem moderiert das Vortestergebnis in mathematischen Fertigkeiten des Trainers den Transfererfolg der Sportler negativ. Dies bedeutet, dass ein niedriges Ausgangsniveau des Trainers zu einem hohem Transfererfolg der Sportler führt. Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis findet sich in den Berichten der Studenten und Erzieher, die die Förderung durchgeführt haben. Sie berichteten, dass gute Kinder, wenn sie wenig erklärten, die Aufgaben rasch erledigten und fertig waren. Die Sportler saßen laut der Gruppenleiterbeobachtungen daneben und haben sich nicht aktiv mit Material oder Inhalt auseinandergesetzt, vermutlich weil sie sich mit der Gewissheit „zurücklehnen“ konnten, der andere „macht das schon“. Der negative Einfluss lässt vermuten, dass dieses Verhalten der Sportler in Tandems mit niedrigem Ausgangsniveau des Trainers nicht möglich war. Sportler setzten sich intensiver mit Material und Inhalt auseinander und erzielten einen höheren Transfererfolg. Allerdings liegt der Variance Inflation Factor nahe drei, was auf Multikollinearitätsprobleme im Regressionsmodell hinweist. Weitere Forschung sollte hier erfolgen, um zu überprüfen, ob sich dieses Ergebnis replizieren lässt. Ein vergleichbares Ergebnis zeigt sich für die Sprachkompetenz der Trainer und deren Einfluss auf die Entwicklung der Sportler. Auch hier zeigt sich ein negativer Einfluss, der bedeutet, dass Sportler eines wenig sprachkompetenten Trainers einen



höheren Transfererfolg erzielen als Kinder eines sprachkompetenten Trainers. Dieses Ergebnis mag zu nächst verwundern, da man davon ausgehen sollte, dass sprachkompetentere Trainer besser erklären können und daher einen höheren Transfererfolg bei ihren Sportlern erzielen sollten. Allerdings ist den Trainern, wie oben bereits beschrieben, nicht möglich Erklärungen in der Zone der nächsten Entwicklungsstufe zu geben. Somit könnte ein Sportler seine Sprachkompetenz nicht effektiv einsetzen. Vielmehr lässt das Ergebnis die Vermutung zu, dass Sportler sich aufgefordert fühlen könnten, sich intensiver mit Material und Inhalt zu beschäftigen, wenn sie eine sprachliche Hilflosigkeit ihres Trainers gespürt haben. Auch in dieser Analyse ist die Problematik der Alpha-Adjustierung nicht gänzlich auszuschließen, weshalb es einer Replikation bedarf.

In Hypothese 4.c wird postuliert, dass Leistungsdifferenzen zwischen beiden Rollen zum Zeitpunkt des Vortests den Fördererfolg der Rollen moderieren. Es zeigen sich für die Entwicklung des Trainers keine moderierenden Einflüsse. Die Leistungsentwicklung ist folglich gegenüber Einflüssen von Leistungsdifferenzen robust. Allerdings zeigt sich ein positiver Einfluss der Leistungsdifferenz mathematischer Kompetenzen zum Zeitpunkt des Vortest auf den Transfererfolg der Sportler. Dieser legt nahe, dass eine möglichst hohe Differenz zwischen den Tandempartnern einen höheren Transfererfolg bei den Sportlern bewirkt. Dieses Ergebnis präzisiert die Befunde zum Einfluss der Leistungsausprägung der Trainer auf den Transfererfolg der Sportler und gibt so konkrete Hinweise für die Tandemzusammensetzung in der Praxis. Es sollten folglich Tandems mit großer Leistungsdifferenz in inhaltspezifischen Kompetenzen gebildet werden.

### ***7.2 Methodische Einschränkungen der vorliegenden Studie***

Als eine Einschränkung dieser Studie gilt die regionalräumliche Aufteilung.

Die regionalräumliche Trennung hat weiteren gravierenden Einfluss auf die Diskussion der Ergebnisse, da Vortestunterschiede in Intelligenz und Sprachfertigkeiten zwischen den Gruppen gefunden werden konnten. Die Vortestunterschiede in den Sprachfertigkeiten zeigen sich ausschließlich zwischen der kleingruppen-orientierten und der peer-gestützten Förderung bedeutsam. Dieses Ergebnis kann nicht mit der regionalräumlichen Trennung in Verbindung gebracht werden, da beide Förderungen in derselben Region durchgeführt wurden und beide Gruppen eine vergleichbare sozioökonomische Struktur aufweisen (s. S. 72). Dennoch ist mit diesen Vortestunterschieden ein Vergleich zwischen den beiden Untersuchungsgruppen mit Förderung nicht zweifelsfrei zu interpretieren. Die Vortestunterschiede in der Intelligenzleistung zwischen kleingruppen-orientierter Förderung und Kontrollgruppe hat Einfluss auf die Interpretierbarkeit des längerfristigen Fördererfolgs und des Transfereffekts, da intelligentere Kinder sich mehr mathematisches Wissen aneignen könnten. Daher wurde die Intelligenzleistung als Kovariate berücksichtigt, was das Ergebnisbild der Untersuchungen nicht veränderte. Somit kann zwar nicht ausgeschlossen werden, dass neben der Intelligenzleistung

weitere unbekannte, da nicht erhobene Unterschiede in den Stichproben die Ergebnisse beeinflussen, der Einfluss der Intelligenz scheint aber fast nicht vorhanden zu sein.

Dadurch, dass die Einrichtungen selber entscheiden konnten, welche Förderung sie durchführen möchten, sind Selbstselektionseffekte nicht gänzlich auszuschließen.

Eine weitere Einschränkung besteht in der quantitativen Verhaltensbeobachtung. Die Anzahl der Kinder, die nicht nur beobachtet werden konnten, sondern auch an allen notwendigen Messzeitpunkten teilgenommen haben, ist sehr gering. Zudem wurden die Kinder nur einmal während der Förderphase beobachtet. Es bleibt also fraglich, ob ein Kind sich immer so verhalten hat, wie es auf den Beobachtungsbögen dokumentiert wurde. Eine in regelmäßigen Abständen durchgeführte Beobachtung wäre hierfür gewinnbringend gewesen, war aus ökonomischen Gründen aber nicht möglich. Für eine Dokumentation der Förderungen per Video lagen keine entsprechenden Einverständnisse vor und konnte deshalb nicht angewendet werden. Die quantitative Verhaltenserfassung der Gruppenleiter genügte üblichen Testgütekriterien nicht. Somit fehlen Aussagen zu einem wichtigen Akteur während der Fördersitzungen.

### ***7.3 Implikationen für Praxis und Forschung***

Ein wichtiges Anliegen dieser quasi-experimentellen Studie war es Fördererfolge mathematischer Kompetenzen bei Vorschulkindern unter alltagsnahen Bedingungen zu ermitteln, um somit konkrete Hinweise zur Förderung für die Praxis ableiten zu können. Solche Implikationen werden im Folgenden zunächst für die Forschung und abschließend für die Praxis beschrieben.

Die folgenden Implikationen für die Forschung werden allesamt berichtet, um daraus Rückschlüsse zur Weiterentwicklung der Förderung ableiten und die Förderung für eine noch breitere Zielgruppe effektiv anbieten zu können. Es konnte festgestellt werden, dass bisherige Evaluationsstudien zum Einsatz des Förderprogramms „Mengen, zählen, Zahlen“ (MZZ; Krajewski et al., 2007) bei Kindergartenkindern in der Region Würzburg stattfanden. Die Ergebnislage der hier berichteten Studie mit Kindern der Region Gießen zeigt Unterschiede im Vergleich zu bisherigen Studien auf. Für die Forschung wäre wichtig zu erfahren, ob sich in anderen Regionen ebenfalls Unterschiede in der Effektivität zeigen. Ziel sollte es sein, diese Unterschiede so konkret wie möglich zu erfassen und zu beschreiben. Der Einfluss des Sprachentwicklungsstandes auf die Entwicklung früher mathematischer Kompetenzen ist bislang nicht im Fokus der Forschung gewesen. Hier wäre wünschenswert zu erfahren, wie die Entwicklung der beiden Kompetenzen miteinander verknüpft ist. In der vorliegenden Studie konnten keine Fördererfolge drei Monate nach Ende der Förderung berichtet werden. Möglicherweise blieben die Erfolge verdeckt, da im durchgeführten Verfahren das Zahlenschreiben vorausgesetzt wurde, obwohl die Kinder diese Kompetenz zum Zeitpunkt der Erhebung gerade erst erlernten. Zur Feststellung des Leistungsstandes unmittelbar mit der Einschulung wäre die Entwicklung eines ökonomischen Gruppentests zur Erfassung früher mathematischer

Kompetenzen sinnvoll, mit dem ohne die Kompetenz, Zahlen schreiben zu können, der Leistungsstand valide erhoben werden kann. Somit wäre eine sehr frühe breit angelegte Eingangsdiagnostik weniger als sechs Wochen nach der Einschulung möglich, die wertvolle Hinweise zur Gestaltung des Anfangsunterrichts liefert.

In dieser Studie konnte beobachtet werden, dass die Kinder eines Tandems eher miteinander arbeiteten als in klaren Rollen die Förderung umzusetzen. Für die weitere Forschung in diesem Fachgebiet wäre wichtig zu erforschen, ob Kinder in diesem Alter ein besseres Erklärverhalten zeigen, wenn sie darin konkreter trainiert werden würden. So wäre es denkbar den Trainern als ein Erklärverhalten beizubringen, die Übung ein Mal vorzumachen und dann den Sportler zu bitten, diese zu wiederholen. Gleichzeitig könnte aber qualitativ erforscht werden, wie Kinder sich in diesem Alter gegenseitig etwas erklären (z.B. Spielregeln, Puzzle, etc.), um daraus Ideen für kindliches Erklärverhalten abzuleiten, die anschließend in peer-gestützte Förderprogramme aufgenommen werden können.

Eines der wichtigsten Ergebnisse zur Umsetzung einer Förderung früher mathematischer Kompetenzen bei Kindern im Vorschulalter ist, dass sowohl Personen der Einrichtungen als auch zusätzliches Personal die teilnehmenden Kinder mit kleingruppen-orientierter Förderung zu vergleichbaren Fördererfolgen führen. Somit kann die Förderung als praxistauglich gelten. Mit den Ergebnissen zum höheren Transfererfolg des zusätzlichen Personals (hier Studenten) kann vermutet werden, dass eine engmaschige Betreuung der fördernden Personen während der ersten Durchführung zu einem noch besseren Fördererfolg führt. Es wäre also ratsam Erzieher während der ersten Durchführung des MZZ mit Rat und Tat zur Seite zu stehen (vgl. Ennemoser & Lehnigk et al., 2015). Da insbesondere die kleingruppen-orientierte Förderung langfristige Fördererfolge und sogar einen inhaltsnahen Transfereffekt erzielen konnte, gilt diese Methode -nach den hier vorliegenden Befunden- als Mittel der Wahl zur Förderung früher mathematischer Kompetenzen bei Vorschulkindern. In der Zusammenschau der berichteten Ergebnisse und der Befundlage zu peer-gestützter Förderung in bisherigen Studien lässt sich ableiten, dass eine Wiederholung der Inhalte und Vertiefung der Inhalte mit peer-gestützter Förderung möglich ist. Vielversprechend scheint der Einsatz bei jüngeren Schulkindern, da diese in relevanten Bereichen, wie zum Beispiel dem Sprachentwicklungsstand, der Selbstwahrnehmung und Reflexion oder dem Vorwissen bereits eine umfassendere Entwicklung durchlaufen haben als Kindergartenkinder.

## Literaturverzeichnis

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Adams, A.-M., Willis, C., Eaglen, R. & Lamont, E. (2005). Working memory and phonological awareness as predictors of progress towards early learning goals at school entry. *Britisch Journal of Developmental Psychology* (23), 417–426.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E. & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: are they separable? *Child Development*, 77 (6), 1698–1716.
- Ames, G. J. & Murray, F. B. (1982). When two wrongs make a right: Promoting cognitive change by social conflict. *Developmental Psychology*, 18, 894–897.
- Antell, S. E. & Keating, D. P. (1983). Perception of numerical invariance in neonates. *Child Development*, 54, 695–701.
- Antil, L., Wayne, S., Jenkins, J. R., O'Connor, R. E. & Vadasy, P. (1993). *Teachers' use of cooperative learning and group work*. unpublished manuskript: University of Washington, Experimental Education Unit, Seattle.
- Arreaga-Mayer, C., Terry, B. J. & Greenwood, C. R. (1998). Classwide Peer Tutoring. In K. J. Topping & S. W. Ehly (Hrsg.), *Peer-assisted learning* (S. 105–120). Mahwah, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Aster, M. von, Bzufka, M. W. & Horn, R. (2006). *Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern - Kindergartenversion (ZAREKI-K)*. Frankfurt/Main: Pearson.
- Aster, M. von, Schweiter, M. & Weinhold Zulauf, M. (2007). Rechenstörungen bei Kindern: Vorläufer, Prävalenz und psychische Symptome. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 39, 85–96.
- Aunio, P., Korhonen, J., Bashash, L. & Khoshbakht, F. (2014). Children's early numeracy in Finland and Iran. *International Journal of Early Years Education*, 22 (4), 423–440.
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M.-K. & Nurmi, J.-E. (2004). Developmental Dynamics of Math Performance From Preschool to Grade 2. *Journal of Educational Psychology*, 96 (4), 699–713.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Oxford: University Press.
- Baker, S., Gersten, R. & Lee, D. S. (2002). A synthesis of empirical research on teaching mathematics to low-achieving students. *The Elementary School Journal*, 103, 51–73.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W. et al. (2001). *PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Belsley, D. A., Kuh, E. & Welsch, R. E. (1980). *Regression diagnostics. Identifying influential data and sources of collinearity*. New York: Wiley.
- Berch, D. B. (2005). Making Sense of Number Sense: Implications for Children With Mathematical Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 38 (4), 333–339.
- Berliner, D. C. (1988). The half-full glass: A review of research on teaching. In E. L. Meyen, G. A. Vergason & R. J. Whelan (Hrsg.), *Effective instructional strategies for exceptional children* (S. 7–31). Denver, CO: Love Publishing.
- Bijeljac-Babic, R., Bertoncini, J. & Mehler, J. (1993). How do four-day-old infants categorize multisyllabic utterances? *Developmental Psychology*, 29, 711–721.
- Boonen, A. J. H., Kolkman, M. E. & Kroesbergen, E. H. (2011). The relation between teachers' math talk and the acquisition of number sense within kindergarten classrooms. *Journal of school psychology*, 49 (3), 281–299.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Mit ... 163 Tabellen* (7. Aufl.). Berlin [u.a.]: Springer.
- Bos, W., Schwippert, K. & Stubbe, T. C. (2006). Die Koppelung von sozialer Herkunft und Schülerleistungen im internationalen Vergleich. In W. Bos, K.-H. Arnold, G. Faust, L. Fried, S. Hornberg, E.-M. Lankes et al. (Hrsg.), *IGLU 2006. Lesekompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 225–247). Münster.
- Bradley, L. & Bryant, P. (1985). *Rhyme and reason in reading and spelling*. Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- Brunner, M., Krauss, S. & Kunter, M. (2008). Gender differences in mathematics: Does the story need to be rewritten? *Intelligence*, 36 (5), 403–421.
- Bühner, M. (2006). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion. 2., akt. und erw. Aufl* (Pearson Studium Ps Psychologie). München: Pearson Studium.
- Bull, R., Espy, K. A. & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology*, 33 (3), 205–228.
- Calhoon, M. B., Al Otaiba, S., Cihak, D., King, A. & Avalos, A. (2007). Effects of peer-mediated program on reading skill acquisition for two-way bilingual first-grade classrooms. *Learning Disability Quarterly*, 30, 169–184.
- Carta, J. J., Greenwood, C. R., Dinwiddie, G., Kohler, F. W. & Delquadri, J. (1987). *The Juniper Gardens Classwide Peer Tutoring Programs for Spelling, Math, and Reading*. Kansas City, KS: The Juniper Gardens Children's Project, Bureau of Child Research, University of Kansas.

- Cattell, R. B. (1965). *The scientific analysis of personality*. Chicago, IL: Penguin.
- Chodura, S., Kuhn, J. & Holling, H. (2015). Interventions for Children with Mathematical Difficulties. *Zeitschrift für Psychologie*, 223 (2), 129–144.
- Clausen-Suhr, K. (2008). *Zahlenzauber*, Heilpädagogisches Institut der Universität Flensburg.
- Clausen-Suhr, K. (2009a). *Förderung mathematischer Fähigkeiten im Vorschulalter*. Workshop zur Fachtagung "Frühe Förderung - Frühe Bildung", Erfurt. Zugriff am 08.08.2016. Verfügbar unter [http://www.landeselternrat-sachsen.de/fileadmin/ler/daten/04termin/0903\\_Fr%C3%BCheF%C3%B6rderung-math.pdf](http://www.landeselternrat-sachsen.de/fileadmin/ler/daten/04termin/0903_Fr%C3%BCheF%C3%B6rderung-math.pdf)
- Clausen-Suhr, K. (2009b). *Mit Baldur ordnen, zählen, messen*. Oberursel: Finken.
- Clausen-Suhr, K. (2011). Frühe mathematische Bildung in Kindergarten. Kurz- und langfristige Effekte einer frühen Förderung mit dem Programm "Mit Baldur ordnen, zählen, messen". *Heilpädagogische Forschung*, 37 (3), 144–159.
- Clausen-Suhr, K., Schulz, L. & Bricks, P. (2008). Mathematische Bildung im Kindergarten. Ergebnisse einer quasi-experimentellen Evaluation des Förderprogramms "Zahlenzauber". *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 9, 341–349.
- Clearfield, M. W. & Mix, K. S. (1999). Number versus contour length in infants' discrimination of small visual sets. *Psychological science*, 10, 408–411.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York: Academic Press.
- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G. & Aiken, L. S. (2003). *Applied multiple regression / correlation analyses for the behavioral science* (3. Aufl.). Mahwah, N.J.: Erlbaum.
- Cohen, P. A., Kulik, J. A. & Kulic, C. (1982). Educational outcomes of tutoring: A meta-analysis of findings. *American Educational Research Journal* (19), 237–248.
- Cohen Kadosh, R., Dowker, A., Heine, A., Kaufmann, L. & Kucian, K. (2013). Interventions for improving numerical abilities. Present and future. *Trends in Neuroscience and Education*, 2 (2), 85–93.
- Cook, S. B., Scruggs, T. E., Mastropeiri, M. A. & Casto, G. C. (1986). Handicapped students as tutors. *Journal for Special Education*, 19, 483–492.
- Cooper, C. R. & Cooper, R. G. (1984). Skill in peer learning discourse. In S. A. Kuczaf (Hrsg.), *Discourse development* (S. 89–102). New York: Springer.
- Cooper, R. G. (1984). Early number development: Discovering number space with addition and subtraction. In C. Sophian (Hrsg.), *The origins of cognitive skill* (S. 157–192). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Daseking, M., Petermann, U. & Petermann, F. (2007). Intelligenzdiagnostik mit dem HAWIK-IV. *Kindheit und Entwicklung*, 16 (4), 250–259.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1–42.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford Univ. Press.
- Dehaene, S. (1999). *Der Zahlensinn oder Warum wir rechnen können*. Basel: Birkhäuser.
- Delquadri, J., Greenwood, C. R., Stretton, K., Carta, J. J. & Hall, R. V. (1983). The peer tutoring game: A classroom procedure for increasing opportunity to respond and spelling performance. *Education and Treatments of Children* (6), 225–239.
- Delquadri, J., Greenwood, C. R., Whorton, D., Carta, J. J. & Hall, R. V. (1986). Classwide peer tutoring. *Exceptional Children* (52), 535–542.
- Dornheim, D. (2008). *Prädiktion von Rechenleistung und Rechenschwäche: Der Beitrag von Zahlen-Vorwissen und allgemein-kognitiven Fähigkeiten*. Frankfurt/Main: Lang.
- Dunst, C. J., Hamby, D. W. & Trivett, C. M. (2004). Guidelines for calculating effect sizes for practice-based research syntheses. *Centerscope: Evidence-based Approaches to Early Childhood Development* (3), 1–10.
- Ehlert, A. & Fritz, A. (2016). "Mina und der Maulwurf" - Ein mathematisches Gruppentraining eingesetzt bei Kindern mit Sprachverständnisschwierigkeiten. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Förderprogramme für Vor- und Grundschule* (Tests und Trends-Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik, Band 14, S. 69–86). Göttingen: Hogrefe.
- Elbaum, B., Vaughn, S., Hughes, M. & Moody, S. W. (1999). Grouping practices and reading outcomes for students with disabilities. *Exceptional Children*, 65, 399–415.
- Elben, C. E. & Lohaus, A. (2000). *MSVK - Marburger Sprachverständnistest für Kinder*. Göttingen: Hogrefe.
- Ennemoser, M. (2010). Training mathematischer Basiskompetenzen als unterrichtsintegrierte Maßnahme in Vorklassen. *Empirische Pädagogik*, 24, 336–352.
- Ennemoser, M. & Krajewski, K. (2007). Effekte der Förderung des Teil-Ganzen-Verständnisses bei Erstklässlern mit schwachen Mathematikleistungen. *Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete*, 76, 228–240.
- Ennemoser, M., Krajewski, K. & Schmidt, S. (2011). Entwicklung und Bedeutung von Mengen-Zahlen-Kompetenzen und eines basalen Konventions- und Regelwissens in den Klassen 5 bis 9. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43 (4), 228–242.

- Ennemoser, M., Krajewski, K. & Sinner, D. (2018). *Test zur Erfassung mathematischer Basiskompetenzen ab Schuleintritt (MBK-I)*. Göttingen: Hogrefe.
- Ennemoser, M., Krajewski, K., Vossen, A. & Haschke, D. (2013, April). *Fostering quantity-number competencies in kindergarten and 1st grade: Effects from peer-assisted and teacher-guided training*. Poster presented at the International Society for Research in Child Development Biennial Meeting, Seattle, Washington, USA.
- Ennemoser, M., Lehnigk, M., Hohmann, E. & Pepouna, S. (2015). Wirksamkeit eines Coachings für pädagogische Fachkräfte zur Optimierung des Förderpotenziale des Dialogischen Lesens. In A. Redder, J. Naumann & R. Tracy (Hrsg.), *Forschungsinitiative Sprachdiagnostik und Sprachförderung - Ergebnisse* (1. Aufl., neue Ausg). Münster, Westf: Waxmann.
- Ennemoser, M., Sinner, D. & Krajewski, K. (2015). Kurz- und langfristige Effekte einer entwicklungsorientierten Mathematikförderung bei Erstklässlern mit drohender Rechenschwäche. *Lernen und Lernstörungen*, 4 (1), 43–59.
- Esser, G. & Wyschkon, A. (2011). Vorhersage von Umschriebenen Entwicklungsstörungen der schulischen Fertigkeiten mithilfe von Vorschultests: Prognostische Validität der BUEVA-II. In M. Hasselhorn & W. Schneider (Hrsg.), *Frühprognose schulischer Kompetenzen* (Tests und Trends N.F., Bd. 9). Göttingen: Hogrefe.
- Esser, G. & Wyschkon, A. (2012). *Basisdiagnostik umschriebener Entwicklungsstörungen im Vorschulalter - Version II. BUEVA-II*. Göttingen: Hogrefe.
- Esser, G., Wyschkon, A. & Ballaschk, K. (2008). *Basisdiagnostik umschriebener Entwicklungsstörungen im Grundschulalter. BUEGA*. Göttingen: Hogrefe.
- Euker, N., Kuhl, J. & Probst, H. (2012). Individuelle Förderung des Leseerwerbs im Rahmen Inklusiven Unterrichts. *Gemeinsam Leben*, 3, 139–150.
- Fantuzzo, J. W., King, J. A. & Heller, L. R. (1992). Effects of reciprocal peer tutoring on mathematics and school adjustment: A component analysis. *Journal of Educational Psychology*, 84, 331–339.
- Feigenson, L., Carey, S. & Spelke, E. S. (2002). Infants' discrimination of number vs. continuous extent. *Cognitive Psychology*, 44, 33–66.
- Fischbach, A., Preßler, A.-L. & Hasselhorn, M. (2012). Die prognostische Validität der AGTB 5-12 für den Erwerb von Schriftsprache und Mathematik. In M. Hasselhorn (Hrsg.), *Funktionsdiagnostik des Arbeitsgedächtnisses* (Tests und Trends : Neue Folge, Bd. 10, 1. Aufl., S. 37–58). Göttingen, Niedersachs: Hogrefe Verlag.
- Fischer, U., Moeller, K., Cress, U. & Nuerk, H.-C. (2013). Interventions Supporting Children's Mathematics School Success. *European Psychologist*, 18 (2), 89–113.



- Friedrich, G. (2011). *"Komm mit ins Zahlenland" - Ursprünge, Grundideen, theoretische Hintergründe und Praxis*. Zugriff am 08.08.2016. Verfügbar unter <http://www.kindergartenpaedagogik.de/2207.pdf>
- Friedrich, G. & Galgóczy, V. (2004). *Komm mit ins Zahlenland. Eine spielerische Entdeckungsreise in die Welt der Mathematik*. Freiburg: Christopherus.
- Friedrich, G., Galgóczy, V. & Schindelbauer, B. (2010). *Komm mit ins Zahlenland. Eine spielerische Entdeckungsreise in die Welt der Mathematik*. Freiburg: Herder (Völlig überarbeitete Neuauflage).
- Friedrich, G. & Munz, H. (2006). Förderung schulische Vorläuferfähigkeiten durch das didaktische Konzept "Komm mit ins Zahlenland". *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53, 134–146.
- Frith, U. (1986). A developmental framework for developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 36, 69–81.
- Fritz, A., Ehlert, A., Ricken, G. & Balzer, L. (in Druck). *MARKO-D-I. Mathematik- und Rechenkonzepte im ersten Schuljahr -Diagnose*. Göttingen: Hogrefe.
- Fritz, A., Ehlert, A., Ricken, G. & Balzer, L. (2013). Development of mathematical concepts as basis for an elaborated mathematical understanding. *South African Journal for Childhood Education*, 3, 38–67.
- Fritz, A. & Ricken, G. (2008). *Rechenschwäche*. München: E. Reinhardt.
- Fuchs, D. & Fuchs, L. S. (1994). Inclusive schools movement and the radicalization of special education reform. *Exceptional Children*, 60, 294–309.
- Fuchs, D., Fuchs, L. S., Mathes, P. G. & Simmons, D. C. (1997). Peer-Assisted Learning Strategies: Making Classrooms More Responsive to Diversity. *American Educational Research Journal*, 34 (1), 174–206.
- Fuchs, D., Fuchs, L. S., Thompson, A., Otaiba, S. A., Yen, L., Yang, N. J. et al. (2001). Is reading important in reading-readiness programs? A randomized field trial with teachers as program implementers. *Journal of Educational Psychology*, 93 (2), 251–267.
- Fuchs, D., Fuchs, L. S., Thompson, A., Otaiba, S. A., Yen, L., Yang, N. J. et al. (2002). Exploring the Importance of Reading Programs for Kindergartners with Disabilities in Mainstream Classrooms. *Exceptional Children*, 68 (3), 295–311.
- Fuchs, D., Fuchs, L. S., Yen, L., McMaster, K., Svenson, E., Yang, N. J. et al. (2001). Developing first-grade reading fluency through peer mediation. *TEACHING Exceptional Children*, 34, 90–93.
- Fuchs, D., McMaster, K., Saenz, L., Kearns, D., Fuchs, L. S., Yen, L. et al. (2010). *Bringing Educational Innovation to Scale: Top-Down, Bottom-Up, or a Third Way?* Presented at the IES Conference, Washington, DC. Zugriff am 15.07.2016. Verfügbar unter

<http://www.docfoc.com/bringing-educational-innovation-to-scale-top-down-bottom-up-or-a-third-way>

- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Fuchs, D., Paulsen, K., Bryant, J. D. & Hamlett, C. L. (2005). The prevention, Identification, and Cognitive Determinants of Math Difficulty. *Journal of Educational Psychology*, 97 (3), 493–513.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Bentz, J., Phillips, N. B. & Hamlett, C. L. (1994). The nature of student interactions during peer tutoring with and without training and experience. *American Educational Research Journal*, 31 (1), 75–103.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Hamlett, C. L., Phillips, N. B., Karns, K. & Dutka, S. (1997). Enhancing Students' Helping Behavior during Peer-Mediated Instruction with Conceptual Mathematical Explanations. *The Elementary School Journal*, 97 (3), 223–249.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D. & Karns, K. (2001). Enhancing Kindergartners' Mathematical Development: Effects of Peer-Assisted Learning Strategies. *The Elementary School Journal*, 101 (5), 495–510.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Yazdian, L. & Powell, S. R. (2002). Enhancing First-Grade Children's Mathematical Development with Peer-Assisted Learning Strategies. *School Psychology Review*, 31 (4), 569–583.
- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Compton, D. L., Fuchs, D., Hamlett, C. L. & Bryant, J. D. (2010). The contributions of numerosity and domain-general abilities to school readiness. *Child Development*, 81 (5), 1520–1533.
- Fuson, K. (1988). *Children's counting and concepts of number*. New York: Springer.
- Gardner, H. (1994). *Abschied vom IQ. Die Rahmen-Theorie der vielfachen Intelligenzen*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Gerlach, M. & Fritz, A. (2011). *Mina und der Maulwurf. Frühförderbox Mathematik*. Berlin: Cornelsen.
- Gersten, R. & Baker, S. (2001). Teaching expressive writing to students with learning disabilities: A meta-analysis. *The Elementary School Journal*, 101, 252–272.
- Gersten, R., Jordan, N. C. & Flojo, J. R. (2005). Early Identification and Interventions for Students With Mathematics Difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38 (4), 293–304.
- Goswami, U., Schneider, W. & Scheurich, B. (1999). Picture naming deficits in developmental dyslexia in German. *Developmental Science* (2), 53–58.
- Greenwood, C. R. (1991). Longitudinal Analysis of Time, Engagement, and achievement in At-Risk Versus Non-Risk Students. *Exceptional Children*, 57 (6), 521–535.

- Greenwood, C. R., Carta, J. J. & Hall, R. V. (1988). The use of peer tutoring strategies in classroom management and educational instruction. *School Psychology Review* (17), 258–275.
- Greenwood, C. R., Carta, J. J. & Kamps, D. (1990). Teacher versus peer-mediated instruction. In H. Foot, M. Morgan & R. Shute (Hrsg.), *Children helping Children* (S. 177–206). London, England: Wiley.
- Greenwood, C. R., Delquadri, J. & Hall, R. V. (1989). Longitudinal Effects of Classwide Peer Tutoring. *Journal of Educational Psychology*, 81 (3), 371–383.
- Greenwood, C. R., Maheady, L. & Carta, J. J. (1991). Peer Tutoring programs in the regular classroom. In G. Stoner, M. R. Shinn & H. M. Walker (Hrsg.), *Intervention for achievement and behavior problems* (S. 179–200). Washington, DC: National Association for School Psychologists (NASP).
- Griffin, S. (2009). Learning Sequences in the Acquisition of Mathematical Knowledge: Using Cognitive Developmental Theory to Inform Curriculum Design for Pre-K-6 Mathematics Education. *Mind, Brain, and Education*, 3 (2), 96–107.
- Griffin, S. & Case, R. (1996). Re-thinking the primary school math curriculum: An approach based on cognitive science. In R. Case & Y. Okamoto (Hrsg.), *The role of central conceptual structures in the development of children's thought* (S. 83–102). Chicago: University of Chicago Press.
- Griffin, S., Case, R. & Siegler, R. S. (1994). Rightstart: Providing the central conceptual prerequisites for first formal learning of arithmetic to students at risk for school failure. In K. McGilly (Hrsg.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (S. 25–50). Cambridge, MA: MIT Press.
- Grimm, H. (2010). *Sprachentwicklungstest für drei- bis fünfjährige Kinder (SET-K 3-5)*. Göttingen: Hogrefe.
- Groeben, N. & Hurrelmann, B. (Hrsg.). (2006). *Empirische Unterrichtsforschung in der Literatur- und Lesedidaktik. Ein Weiterbildungsprogramm*. Weinheim, München: Juventa-Verl.
- Grünke, M. (2006). Fördermethoden: Zur Effektivität von Fördermethoden bei Kindern und Jugendlichen mit Lernstörungen. *Kindheit und Entwicklung*, 15 (4), 239–254.
- Grünke, M. (2008). Offener Unterricht und Projektunterricht. In M. Fingerle & S. Ellinger (Hrsg.), *Sonderpädagogische Förderprogramme im Vergleich. Orientierungshilfen für die Praxis* (Heil- und Sonderpädagogik, S. 13–33). Stuttgart: Kohlhammer.
- Guadagnoli, E. & Velicer, W. F. (1988). Relation to sample size to the stability of component patterns. *Psychological Bulletin*, 103 (2), 265–275.

- Haag, L. (2014). Tutorielles Lernen. In G. W. Lauth, M. Grünke & J. C. Brunstein (Hrsg.), *Intervention bei Lernstörungen: Förderung, Training und Therapie in der Praxis* (2., überarbeitete und erweiterte, S. 462–471). Göttingen: Hogrefe; Hogrefe Verlag.
- Haffner, J., Baro, K., Parzer, P. & Resch, F. (2005). *Heidelberger Rechentest (HRT 1-4)*. Göttingen: Hogrefe.
- Halberda, J., Ly, R., Wilmer, J. B., Naiman, D. Q. & Germine, L. (2012). Number sense across the lifespan as revealed by a massive Internet-based sample. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109 (28), 11116–11120.
- Harper, G. F., Mallette, B., Maheady, L. & Clifton, R. (1990). Responsive Research: Applications of peer tutoring to arithmetic and spelling. *Direct Instruction News* (9), 34–38.
- Harper, G. F., Mallette, B., Maheady, L., Parks, V. & Moore, J. (1993). Retention and generalization of spelling words acquired using a peer-mediated instructional procedure by children with mild handicapping conditions. *Journal of Behavior Education* (3), 25–38.
- Harter, S. & Pike, R. (1984). The Pictorial Scale of Perceived Competence and Social Acceptance for Young Children. *Child Development*, 55 (6), 1969–1982. Zugriff am 26.06.2017UTC. Verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/1129772>
- Hasselhorn, M. & Körner, K. (1997). Nachsprechen von Kunstwörtern: Zum Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und syntaktischen Sprachleistungen bei Sechs- und Achtjährigen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* (29), 212–224.
- Hasselhorn, M. & Linke-Hasselhorn, K. (2013). Fostering Early Numerical Skills at School Start in Children at Risk for Mathematical Achievement Problems: A Small Sample Size Training Study. *IES*, 6 (3).
- Hasselhorn, M., Schumann-Hengsteler, R., Gronauer, J., Grube, D., Mähler, C., Schmid, I. et al. (2012). *Arbeitsgedächtnistestbatterie für Kinder von 5 bis 12 Jahren (AGTB 5-12)*. Göttingen: Hogrefe.
- Hautamäki, J., Arinen, P., Hautamäki, A., Lehto, J., Lindblom, B., Kupiainen, S. et al. (2001). *Ensiaskeleet, oppimisen edellytykset: Luokanopettajille tarkoitettun seulan toimivuus Helsinki-aineiston perusteella* (Helsingin kaupungin opetusviraston julkaisusarja. A, 17:2001). Helsinki: Helsingin kaupunki, opetusvirasto.
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K. & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computational skills: A longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 192–227.

- Hecht, T., Sinner, D., Kuhl, J. & Ennemoser, M. (2011). Differenzielle Effekte eines Trainings der mathematischen Basiskompetenzen bei kognitiv schwachen Grundschulern und Schülern der Förderschule mit dem Schwerpunkt Lernen - Reanalyse zweier Studien. *Empirische Sonderpädagogik*, 3 (4), 308–323. Verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-opus-93303>
- Helmke, A. (1982). *Selbstvertrauen und schulische Leistungen*. Göttingen: Hogrefe.
- Hiebert, J., Wearne, D. & Grant, G. J. (1994). *Benefits of using psychical materials of learning mathematics: The development of mental tools*. unveröffentlichtes Manuskript, University of Delaware.
- Hildenbrand, C. (2016). *Förderung früher mathematischer Kompetenzen. Eine Interventionsstudie zu den Effekten unterschiedlicher Förderkonzepte* (Empirische Studien zur Didaktik der Mathematik, Bd. 26, 1. Auflage, neue Ausgabe). Münster: Waxmann.
- Hodgkinson, H. L. (1992). *A demographic look at tomorrow*. Washington, DC: Center for Demographic Policy, Institute for Educational Leadership.
- Holodynski, M. (1992). *Leistungstätigkeit und soziale Interaktion. Ein tätigkeitstheoretisches Modell zur Entstehung der Leistungsmotivation*. Heidelberg: Asanger.
- Holodynski, M. (2006). Die Entwicklung der Leistungsmotivation im Vorschulalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 38 (1), 2–17.
- Jäger, A. O., Süß, H.-M. & Beauducel, A. (1997). *Berliner Intelligenzstruktur Test Form 4 (BIS- T4)*. Göttingen: Hogrefe.
- Jansen, H., Mannhaupt, G., Marx, H. & Skowronek, H. (2002). *Bielefelder Screening zur Früherkennung von Lese- und Rechtschreibschwierigkeiten*. Göttingen: Hogrefe.
- Jordan, N. C., Glutting, J. & Ramineni, C. (2010). The Importance of Number Sense to Mathematics Achievement in First and Third Grades. *Learning and Individual Differences*, 20 (2), 82–88.
- Jordan, N. C., Huttenlocher, J. & Levine, S. C. (1992). Differential calculation abilities in young children from middle- and low-income families. *Developmental Psychology*, 28, 644–653.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N. & Ramineni, C. (2007). Predicting First-Grade Math Achievement from Developmental Number Sense Trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22 (1), 36–46.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Oláh, L. N. & Locuniak, M. N. (2006). Number Sense Growth in Kindergarten: A Longitudinal Investigation of Children at Risk for Mathematic Difficulties. *Child Development*, 77 (1), 153–175.

- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C. & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45 (3), 850–867.
- Kaiser, H. F. & Rice, J. (1974). Little Jiffy, Mark Iv. *Educational and Psychological Measurement*, 34 (1), 111–117.
- Kamps, D., Greenwood, C. R., Arreaga-Mayer, C., Veerkam, M. B., Utley, C., Tapia, Y. et al. (2008). The Efficacy of ClassWide Peer Tutoring in Middle Schools. *Education and Treatments of Children*, 31 (2), 119–152.
- Kearns, D., Fuchs, D., McMaster, K., Saenz, L., Fuchs, L. S., Yen, L. et al. (2010). Factors contributing to teachers' sustained use of kindergarten peer-assisted learning strategies. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 3, 315–342.
- Keith, T. Z., Fine, J. G., Taub, G. E., Reynolds, M. R. & Kranzler, J. H. (2006). Hierarchical multi-sample, confirmatory factor analysis of the Wechsler Intelligence Scale for Children - Fourth Edition: What does it measure? *School Psychology Review*, 35, 108–127.
- Klauer, K. J. (1989). *Denktraining für Kinder I*. Göttingen: Hogrefe.
- Klauer, K. J. (1993). *Denktraining für Jugendliche. Ein Programm zur intellektuellen Förderung*. Göttingen u.a: Hogrefe, Verl. für Psychologie.
- Klauer, K. J. (2001). Trainingsforschung: Ansätze - Theorien - Ergebnisse. In K. J. Klauer (Hrsg.), *Handbuch kognitives Training* (2. Aufl., S. 3–66). Göttingen u.a: Hogrefe, Verl. für Psychologie.
- Klibanov, R. S., Levine, S. C., Huttenlocher, J., Vasilyeva, M. & Hedges, L. V. (2006). Preschool children's mathematical knowledge: The effect of teacher "math talk". *Developmental Psychology*, 24, 59–69.
- Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H. & Leseman, P. P.M. (2013). Early numerical development and the role of non-symbolic and symbolic skills. *Learning and Instruction*, 25, 95–103.
- Könen, T., Strobach, T. & Karbach, J. (2016). Working Memory. In T. Strobach & J. Karbach (Hrsg.), *Cognitive Training. An Overview of Features and Applications* (S. 59–68). Cham: Springer.
- Krajewski, K. (2003). *Vorhersage von Rechenschwäche in der Grundschule*. Hamburg: Kovač.
- Krajewski, K. (2007). Entwicklung und Förderung der vorschulischen Mengen-Zahlen-Kompetenz und ihre Bedeutung für die mathematischen Schulleistungen. In G. Schulte-Körne (Hrsg.), *Legasthenie und Dyskalkulie: Aktuelle Entwicklungen in Wissenschaft, Schule und Gesellschaft* (S. 325–332). Bochum: Winkler.
- Krajewski, K. (2008a). Vorschulische Förderung mathematischer Kompetenzen. In F. Petermann & W. Schneider (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Reihe Entwicklungspsychologie*. Bd. Angewandte Entwicklungspsychologie (S. 275–304). Göttingen: Hogrefe.

- Krajewski, K. (2008b). *Zahlentreppe. Klasse 1* (Mathematik plus). Berlin: Cornelsen.
- Krajewski, K. (2013). Wie bekommen die Zahlen einen Sinn: ein entwicklungspsychologisches Modell der zunehmenden Verknüpfung von Zahlen und Größen. In M. von Aster & J. H. Lorenz (Hrsg.), *Rechenstörungen bei Kindern: Neurowissenschaft, Psychologie, Pädagogik* (S. 155–179). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Krajewski, K. (2014). Förderung des numerischen Verständnisses von Zahlen. In G. W. Lauth, M. Grünke & J. C. Brunstein (Hrsg.), *Intervention bei Lernstörungen: Förderung, Training und Therapie in der Praxis* (2., überarbeitete und erweiterte). Göttingen: Hogrefe; Hogrefe Verlag.
- Krajewski, K. (2017). *Test zur Erfassung mathematischer Basiskompetenzen im Kindergartenalter (MBK-0)*. Göttingen: Hogrefe.
- Krajewski, K. & Ennemoser, M. (2010). Die Berücksichtigung begrenzter Arbeitsgedächtnisressourcen in Unterricht und Lernförderung. In H.-P. Trollenier, W. Lenhard & P. Marx (Hrsg.), *Brennpunkte der Gedächtnisforschung* (S. 337–365). Göttingen: Hogrefe.
- Krajewski, K. & Ennemoser, M. (2013). Entwicklung und Diagnostik der Zahl-Größen-Verknüpfung zwischen 3 und 8 Jahren. In M. Hasselhorn, A. Heinze, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg.), *Diagnostik mathematischer Kompetenzen* (Tests und Trends N.F., Bd. 11, S. 41–65). Göttingen: Hogrefe.
- Krajewski, K., Kron, V. & Schneider, W. (2004). Entwicklungsveränderungen des strategischen Gedächtnisses beim Übergang vom Kindergarten in die Grundschule. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 36 (1), 47–58.
- Krajewski, K., Küspert, P. & Schneider, W. (2002). *Deutscher Mathematiktest für erste Klassen (DEMAT I+)*. Göttingen: Beltz Psychologie-Verl.-Union.
- Krajewski, K., Nieding, G. & Schneider, W. (2007). *Mengen, zählen, Zahlen. Die Welt der Mathematik verstehen ; die grosse Förderbox* (1. Aufl., 1. Dr.). Berlin: Cornelsen.
- Krajewski, K., Nieding, G. & Schneider, W. (2008). Kurz- und langfristige Effekte mathematischer Frühförderung im Kindergarten durch das Programm "Mengen, zählen, Zahlen". *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* (40), 135–146.
- Krajewski, K., Renner, A., Nieding, G. & Schneider, W. (2008). Frühe Förderung von mathematischen Kompetenzen im Vorschulalter. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (10), 91–103.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2006). Mathematische Vorläuferfertigkeiten im Vorschulalter und ihre Vorhersagekraft für die Mathematikleistungen bis zum Ende der Grundschulzeit. *Psychologie in Erziehung und Unterricht* (53), 246–262.

- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009a). Early development of quantity to number-word linkage as a precursor of mathematical school achievement and mathematical difficulties: Findings from a four-year longitudinal study. *Learning und Instruction*, 19, 513–526.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009b). Exploring the impact of phonological awareness, visuo-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year-longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 516–531.
- Krajewski, K., Schneider, W. & Nieding, G. (2008). Zur Bedeutung von Arbeitsgedächtnis, Intelligenz, phonologischer Bewusstheit und früher Mengen-Zahlen-Kompetenz beim Übergang vom Kindergarten in die Grundschule. *Psychologie in Erziehung und Unterricht* (55), 118–131.
- Krajewski, K. & Simanowski, S. (2016). Entwicklungsorientierte Prävention von und Intervention bei Rechenschwäche mit "Mengen, zählen, Zahlen" (MZZ). In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Förderprogramme für Vor- und Grundschule* (Tests und Trends-Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik, Band 14, S. 49–67). Göttingen: Hogrefe.
- Krajewski, K. & Simanowski, S. (2017). Qualitätskriterien für Förderansätze zur Prävention von Rechenschwäche. *Frühförderung Interdisziplinär*, 36 (2), 93–105. Zugriff am 25.06.2017.
- Kroesbergen, E. H. & van Dijk, M. (2015). Working Memory and Number Sense as Predictors of Mathematical (Dis-)Ability. *Zeitschrift für Psychologie*, 223 (2), 102–109.
- Kroesbergen, E. H. & van Luit, J. E. H. (2003). Mathematical interventions for children with special education needs: A Meta-analysis. *Remedial and Special Education* (24), 97–114.
- Kuhl, J., Sinner, D. & Ennemoser, M. (2012). Training Quantity–Number Competencies in Students With Intellectual Disabilities. *J Cognit Educat Psychol*, 11 (2), 128–142.
- Küspert, P. (1998). *Phonologische Bewusstheit und Schriftspracherwerb: Zu Effekten vorschulischer Förderung der phonologischen Bewusstheit auf den Erwerb des Lesens und Rechtschreibens*. Frankfurt/Main: Lang.
- Kutzer, R. (1983). *Mathematik entdecken und verstehen (Lehrerband 1)*. Frankfurt/Main: Diesterweg.
- Lachance, J. A. & Mazzocco, M. M. (2006). A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children. *Learning and Individual Differences*, 16, 195–216.
- Langfeldt, H.-P. (2009). Über den Umgang mit Trainingsprogrammen. In G. Büttner & H.-P. Langfeldt (Hrsg.), *Trainingsprogramme zur Förderung von Kindern und Jugendlichen. Ein Compendium für die Praxis* (2. Aufl., S. 2–15). Weinheim [u.a.]: Beltz, PVU.
- Langhorst, P., Hildenbrand, C., Ehlert, A., Ricken, G. & Fritz, A. (2013). Mathematische Bildung im Kindergarten - Evaluation des Förderprogramms "Mina und der Maulwurf" und Betrachtung von Fortbildungsvarianten. In M. Hasselhorn, A. Heinze, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg.),



- Diagnostik mathematischer Kompetenzen* (Tests und Trends N.F., Bd. 11, S. 113–134). Göttingen: Hogrefe.
- LeFevre, J.-A., DeStefano, D., Coleman, B. & Shanahan, T. (2005). Mathematical cognition and working memory. In J. I. D. Campbell (Hrsg.), *The handbook of mathematical cognition*. New York: Psychology Press.
- LeFevre, J.-A., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D. et al. (2010). Pathways to mathematics: longitudinal predictors of performance. *Child Development*, 81 (6), 1753–1767.
- Lehmann, W., Rademacher, J., Quaiser-Pohl, C., Günther, A. & Trautewig, N. (2006). Viel + wenig, groß+klein. Riesenspaß bei der Förderung mathematischer Vorläuferfähigkeiten. *Kindergarten heute*, 11, 6–14.
- Levin, H., Glass, G. V. & Meister, G. R. (1984). *A cost-effectiveness analysis of four educational interventions. (Projekt Report No. 84-A11)*. Stanford: Stanford University, Institute for Research on Educational Finance and Governance.
- Levy, K. J. (1980). A Monte Carlo study of analysis of covariance under violations of the assumptions of normality and equal regression slopes. *Educational and Psychological Measurement*, 40, 835–840.
- Link, T., Huber, S., Nuerk, H.-C. & Moeller, K. (2014). Unbounding the mental number line-new evidence on children's spatial representation of numbers. *Frontiers in psychology*, 4 (1021), 1–12.
- Lorenz, J. H. (2003). *Lernschwache Rechner fördern. Ursachen der Rechenschwäche, Frühhinweise auf Rechenschwäche, diagnostisches Vorgehen* (Lehrer-Bücherei Grundschule, 1. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Martschinke, S. (2001). Identitätsentwicklung und Selbstkonzept. In W. Einsiedler, M. Götz, H. Hacker, J. Kahlert, R. W. Keck & U. Sandtuchs (Hrsg.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (S. 229–233). Bad Heilbrunn: Klinkhardt-Verlag.
- Mathes, P. G. & Fuchs, L. S. (1993). Peer-mediated reading instruction in special education resource rooms. *Learning Disabilities Research & Practice* (8), 233–243.
- Mazzocco, M. M., Feigenson, L. & Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child Development*, 82 (4), 1224–1237.
- McGraw, R., Lubienski, S. T. & Strutchens, M. E. (2006). A closer look at gender in NAEP mathematics achievement and data: Intersections with achievement, race/ethnicity, and socioeconomic status. *Journal of Research in Mathematics Education*, 37, 129–150.

- McMaster, K. & Fuchs, D. (2016). Classwide Intervention Using Peer-Assisted Learning Strategies. In S. R. Jimerson, M. K. Burns & A. M. VanDerHeyden (Hrsg.), *Handbook of Response to Intervention* (S. 253–268). Boston, MA: Springer US.
- McMaster, K., Han, I., Chaffin, M. C. & Fuchs, D. (2013). Promoting teachers' use of scientifically-based instruction: A comparison of university versus district support. *Elementary School Journal*, 113 (3), 303–330.
- Melchers, P. & Preuß, U. (1991). *Kaufmann-Assessment Battery for Children (K-ABC)*. Frankfurt/Main: Swets & Zeitlinger.
- Metz, U., Marx, P., Weber, J. & Schneider, W. (2003). Overachievement im Lesen und Rechtschreiben. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 35 (3), 127–134.
- Michaels, S. & Bruce, C. (1991). *Discourse on the seasons (Technical Report)*. Champaign: University of Illinois, Reading Research and Education Center.
- Milner, B. (1971). Interhemisphere differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin* (27), 272–277.
- Müller, B., Richter, T., Krizan, A., Hecht, T. & Ennemoser, M. (2015). How to Analyze Interpersonal and Individual Effects in Peer-Tutored Reading Intervention. *Journal of Experimental Education*, 84 (4), 744–763.
- Nattiv, A. (1990). Enhancing cooperative learning skill development in the classroom. *Utah Association for Supervision and Curriculum Development Journal*, 1 (1), 7–9.
- Nattiv, A. (1994). Helping Behaviors and Math achievement Gain of Students using Cooperative Learning. *The Elementary School Journal*, 94 (3), 285–297.
- Navarro, J. I., Aguilar, M., Marchena, E., Ruiz, G., Menacho, I. & van Luit, J. E. H. (2012). Longitudinal study of low and high achievers in early mathematics. *The British journal of educational psychology*, 82, 28–41.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J. & Wasserman, W. (1996). *Applied linear statistical models* (4. Aufl.). Chicago, IL: Irwin.
- Niklas, F. & Schneider, W. (2012). Die Anfänge geschlechtsspezifischer Leistungsunterschiede in mathematischen und schriftsprachlichen Kompetenzen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 44 (3), 123–138.
- Nußbeck, S. (2007). Evidenz-basierte Praxis - ein Konzept für sonderpädagogisches Handeln? *Sonderpädagogik*, 37, 146–155.

- O'Connor, R. E. & Jenkins, J. R. (1996). Cooperative Learning as an Inclusion Strategy: A Closer Look. *Exceptionality: A Special Education Journal*, 6 (1), 29–51.
- O'Connor, R. E., Notari-Syverson, N. & Vadasy, P. (1998). *Ladders to literacy: A kindergarten activity book*. Baltimore: Paul H. Brookes.
- Okamoto, Y. & Case, R. (1996). Exploring the microstructure of children's central conceptual structures in the domain of number. In R. Case & Y. Okamoto (Hrsg.), *The role of central conceptual structures in the development of children's thought* (S. 27–58). Chicago: University of Chicago Press.
- Olyai, N., Otto, B., Büttner, G. & Krajewski, K. (2014, September). *Numbers - Wirksamkeitsevaluation einer unterrichtsintegrierten Förderung von Zahl-Größen-Kompetenz und Selbstregulation zur Sekundärprävention von Rechenschwierigkeiten*. Vortrag auf dem 49. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Bochum.
- Palinscar, A. S. & Brown, A. L. (1989). Classroom dialogues to promote self-regulated comprehension. In J. Brophy (Hrsg.), *Advances in research on teaching* (S. 35–71). New York: JAI.
- Pallas, A. M., Natriello, G. & McDill, E. L. (1989). The changing nature of the disadvantages population: Current dimensions and future trends. *Educational Researcher*, 18 (5), 16–22.
- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B. & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, 22, 165–184.
- Pauen, S. (2009). Die Wirksamkeit mathematischer Förderung in der Kindertageseinrichtung. In S. Pauen & V. Herber (Hrsg.), *Vom Kleinsein zum Einstein* (S. 80–93). Berlin: Cornelsen.
- Pauen, S. & Pahnke, J. (2008). Mathematische Kompetenzen im Kindergarten: Evaluation der Effekte einer Kurzzeitintervention. *Empirische Pädagogik*, 22 (2), 193–208.
- Petermann, F. (2009). *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence - III (Deutsche Version)*. Frankfurt/Main: Pearson.
- Petermann, F. (2010). *Sprachstanserhebungstest für Kinder im Alter zwischen 5 und 10 Jahren (SET 5-10)*. Göttingen: Hogrefe.
- Peucker, S. & Weißhaupt, S. (2002). *Zur Diagnose und Förderung des Zahlkonzepts im Vorschulalter*. Forschungsbericht, Pädagogische Hochschule, Institut für Psychologie. Freiburg.
- Peucker, S. & Weißhaupt, S. (2004/2005). DEZ & FEZ. Diagnose und Förderung der Entwicklung des Zahlkonzepts. *Zeitschrift der Pädagogischen Hochschule Freiburg*, 23–24.

- Peucker, S. & Weißhaupt, S. (2005). FEZ- Ein Programm zur Förderung mathematischen Vorwissens im Vorschulalter. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 8, 300–305.
- Pressley, M., Borkowski, J. G. & Schneider, W. (1989). Good information processing: What it is and how education can promote it. *International Journal of Educational Research*, 13 (8), 857–867.
- Primi, R., Ferrao, M. E. & Almeida, L. S. (2010). Fluid intelligence as a predictor of learning: A longitudinal multilevel approach applied to math. *Learning and Individual Differences*, 20 (5), 446–451.
- Quaiser-Pohl, C. (2003). The mental-cutting test "Schnitte" and the Picture-Rotation-Test - Two new measures to assess spatial ability. *International Journal of Testing*, 3, 219–231.
- Quaiser-Pohl, C. (2008). Förderung mathematischer Vorläuferfähigkeiten im Kindergarten mit dem Programm "Spielend Mathe". In F. Hellmich & H. Köster (Hrsg.), *Vorschulische Bildungsprozesse in Mathematik und in den Naturwissenschaften* (S. 62–81). Bad Heilbrunn: Klinkhardt-Verlag.
- Quaiser-Pohl, C., Meyer, S. & Köhler, A. (in Vorb.). *Spielend Mathe - ein Programm zur Förderung mathematischer Fertigkeiten beim Übergang vom Kindergarten in die Grundschule*. Oberursel: Finken.
- Rademacher, J., Trautewig, N., Günther, A., Lehmann, W. & Quaiser-Pohl, C. (2005). Wie können mathematische Fähigkeiten im Kindergarten gefördert werden? Ein Förderprogramm und seine Evaluation. *Report Psychologie*, 9, 366–376.
- Rafdal, B. H., McMaster, K., McConnell, S. R., Fuchs, D. & Fuchs, L. S. (2011). The Effectiveness of Kindergarten Peer-Assisted Learning Strategies for Students With Disabilities. *Exceptional Children*, 77 (3), 299–316.
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A. & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20 (2), 110–122.
- Reilly, D., Neumann, D. L. & Andrews, G. (2015). Sex differences in mathematics and science achievement: A meta-analysis of National Assessment of Educational Progress assessments. *Journal of Educational Psychology*, 107 (3), 645–662.
- Remschmidt, H. (2000). *Kinder- und Jugendpsychiatrie: Ein praktische Einführung*. Stuttgart: Thieme.
- Renner, A. (in Vorb.). *Frühe Förderung mathematischer Kompetenzen*. Würzburg: Institut für Psychologie.
- Ricken, G., Fritz, A., Schuck, K. & Preuß, U. (2007). *Hannover-Wechsler-Intelligenztest für das Vorschulalter - III (HAWIVA-III)*. Bern: Huber.

- Ricken, G., Fritz-Stratmann, A. & Balzer, L. (2013). *MARKO-D. Mathematik- und Rechenkonzepte im Vorschulalter - Diagnose*. Göttingen: Hogrefe.
- Rohrbeck, C. A., Ginsburg-Block, M. D., Fantuzzo, J. W. & Miller, T. R. (2003). Peer-assisted learning interventions with elementary school students: A meta-analytic review. *Journal of Educational Psychology*, 95 (2), 240–257.
- Roth, E. (1999). *Prävention von Lese- und Rechtschreibschwierigkeiten: Evaluation einer vorschulischen Förderung der phonologischen Bewusstheit und der Buchstabenkenntnis*. Frankfurt/Main: Lang.
- Roth, E. & Schneider, W. (2002). Langzeiteffekt einer vorschulischen Förderung der phonologischen Bewusstheit und der Buchstabenkenntnis auf die spätere Schriftsprachkompetenz. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* (16), 99–107.
- Saenz, L., Fuchs, L. S. & Fuchs, D. (2005). Peer-assisted learning strategies for english language learners with and without learning disabilities. *Exceptional Children*, 71, 231–247.
- Sauter, F. C. (1979). *Prüfung optischer Differenzierungsleistungen (POD)*. Göttingen: Hogrefe.
- Scheiber, C., Reynolds, M. R., Hajovsky, D. B. & Kaufman, A. S. (2015). Gender differences in achievement in a large, nationally representative sample of children and adolescents. *Psychol. Schs.*, 52 (4), 335–348.
- Schneider, W., Küspert, P. & Krajewski, K. (2013). *Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen* (UTB, Bd. 3899). Paderborn, München [u.a.]: Schöningh.
- Schneider, W., Küspert, P., Roth, E., Visé, M. & Marx, H. (1997). Short- and longterm effects of training phonological awareness in kindergarten: Evidence from two German studies. *Journal of Experimental Child Psychology* (66), 311–340.
- Schneider, W., Visé, M., Reimers, P. & Blaesser, B. (1994). Auswirkungen eines Trainings zur sprachlichen Bewusstheit auf den Schriftspracherwerb in der Schule. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* (8), 177–188.
- Shenderovich, Y., Thurston, A. & Miller, S. (2016). Cross-age tutoring in kindergarten and elementary school settings: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Educational Research*, 76, 190–210.
- Silverman, I. & Sotne, J. (1972). Modifying cognitive functioning through participation in a problem-solving group. *Journal of Educational Psychology*, 24, 7–29.
- Simanowski, S. (2014). *Einfluss vorschulischer exekutiver Funktionen auf die Entwicklung von Lesen, Rechtschreiben und Rechnen in der Schuleingangsphase*. Dissertation, Justus-Liebig Universität. Gießen. Zugriff am 25.07.2016Uhr. Verfügbar unter <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2014/11105/>

- Simanowski, S., Greiner, N. & Krajewski, K. (2011). *Der Einfluss der phonologischen Bewusstheit im weiteren Sinn auf frühe Mengen-Zahlen-Kompetenzen*. Poster auf der 20. Tagung der Fachgruppe Entwicklungspsychologie vom 12.-14. September 2011, Erfurt.
- Simon, T. J., Hespos, S. J. & Rochat, P. (1995). Do infants understand simple arithmetic? A replication of Wynn (1992). *Cognitive Development*, 10, 253–269.
- Sinner, D. (2011). *Prävention von Rechenschwäche durch ein Training mathematischer Basiskompetenzen in der ersten Klasse*, Gießen, Justus-Liebig-Universität. Gießen. Verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:26-opus-81980>
- Sinner, D. & Kuhl, J. (2010). Förderung mathematischer Basiskompetenzen in der Grundstufe der Schule für Lernhilfe. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 42 (4), 241–251.
- Skowronek, H. & Marx, H. (1989). Die Bielefelder Laengsschnittstudie zur Früherkennung von Risiken der Lese-Rechtschreibschwäche. Theoretischer Hintergrund und erste Befunde. *Heilpädagogische Forschung*, 15 (1), 38–49.
- Slavin, R. E. (1984). Component building: A strategy for research-based instructional improvement. *Elementary School Journal*, 84 (3), 254–269.
- Slavin, R. E. (1994). Quality, appropriateness, incentive, and time: A model of instructional effectiveness. *International Journal of Educational Research*, 21 (2), 141–157.
- Smedt, B. de, Verschaffel, L. & Ghesquiere, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103 (4), 469–479.
- Souvignier, E. (2012). Kooperatives Lernen. In U. Heimlich & F. Wember (Hrsg.), *Didaktik des Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen. Ein Handbuch für Studium und Praxis* (Heil- und Sonderpädagogik, 2., aktualisierte Aufl., S. 138–148). Stuttgart: Kohlhammer.
- Spörer, N. (2009). Festigung mathematischer Basiskompetenzen durch Peer-gestütztes Lernen: Ergebnisse einer Trainingsstudie in der Grundschule. *Empirische Pädagogik*, 23 (1), 75–94.
- Spörer, N. & Brunstein, J. C. (2009). Fostering the reading comprehension of secondary school students through peer-assisted learning: Effects on strategy knowledge, strategy use, and task performance. *Contemporary Educational Psychology*, 34 (4), 289–297.
- Spörer, N., Seuring, V., Schünemann, N. & Brunstein, J. C. (2008). Förderung des Leseverständnisses von Schülern der 7. Klasse: Effekte peer-gestützten Lernens in Deutsch und Englisch. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22 (3-4), 247–259.
- Starkey, P. & Cooper, R. G. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, 210, 1033–1035.

- Starkey, P., Spelke, E. S. & Gelman, R. (1990). Numerical abstraction by human infants. *Cognition*, 36, 97–127.
- Stein, M. L., Berends, M., Fuchs, D., McMaster, K., Saenz, L., Yen, L. et al. (2008). Scaling Up an Early Reading Program: Relationships Among Teacher Support, Fidelity of Implementation, and Student Performance Across Different Sites and Years. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 30 (4), 368–388.
- Stern, E. (2003). Lernen ist der mächtigste Mechanismus der kognitiven Entwicklung: Der Erwerb mathematischer Kompetenzen. In W. Schneider & M. Knopf (Hrsg.), *Entwicklung, Lehren und Lernen: Zum Gedenken an Franz Emanuel Weinert* (S. 207–217). Göttingen: Hogrefe.
- Stigler, J. W. (1984). "Mental abacus": The effect of abacus training on Chinese children's mental calculation. *Cognitive Psychology*, 16, 145–176.
- Stipek, D. (1988). *Motivation to learn. From theory to practice*. Prentice Hall: Englewood Cliffs.
- Swanson, H. L. (2016). Working Memory and Strategy Instruction in Children with Learning Disabilities. In R. Schiff & R. M. Joshi (Hrsg.), *Interventions in Learning Disabilities. A Handbook on Systematic Training Programs for Individuals with Learning Disabilities* (Literacy Studies, v. 13, S. 227–241). Cham: Springer International Publishing.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12 (1), 257–285.
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 81, 457–466.
- Swing, S. R. & Peterson, P. L. (1982). The relationship of student ability and small-group interaction to student achievement. *American Educational Research Journal*, 19, 259–274.
- Topping, K. J. (1988). *The peer tutoring Handbook: Promotion co-operative learning*. Cambridge, MA: Brookline Press.
- Träff, U. (2013). The contribution of general cognitive abilities and number abilities to different aspects of mathematics in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116 (2), 139–156.
- van Luit, J. E. H., van de Rijt, B. A. & Hasemann, K. (2001). *Osnabrücker Test zur Zahlbegriffsentwicklung*. Göttingen: Hogrefe.
- Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and speech. In R. W. Rieber & A. S. Carton (Hrsg.), *The collected works of L. S. Vygotsky* (Cognition and language, Vol. I: Problems of general psychology, S. 39–285). New York: Plenum Press.

- Webb, N. (1985). Student interaction and learning in small groups: A research summary. In R. E. Slavin, S. Sharon, S. Kagan, R. Hertz-Lazarowitz, N. Webb & R. Schmuck (Hrsg.), *Learning to cooperate, cooperating to learn* (S. 147–172). New York: Plenum.
- Webb, N. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13, 21–40.
- Webb, N. (1991). Task-related verbal interaction and mathematics learning in small groups. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 366–389.
- Webb, N. (1992). Testing a theoretical model of student interaction and learning in small groups. In R. Hertz-Lazarowitz & N. Miller (Hrsg.), *Interactions in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning* (S. 102–119). New York: Cambridge University Press.
- Wechsler, D. (1944). *The measurement of adult intelligence (3rd. ed.)*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Weinert, F. E. (Hrsg.). (1997). *Psychologie des Unterrichts und der Schule*. Göttingen: Hogrefe.
- Weiß, R. & Osterland, J. (1997). *Grundintelligenztest CFT I Skala I* (5., revidierte Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Wilson, J.T.L., Scott, J.H. & Power, K.G. (1987). Developmental differences in the span of visual memory for pattern. *Britisch Journal of Developmental Psychology* (5), 249–255.
- Wittmann, E. (2006). Mathematische Bildung. In L. Fried & S. Roux (Hrsg.), *Pädagogik der frühen Kindheit* (S. 205–211). Weinheim: Beltz, PVU.
- Wittmann, E. & Mueller, G. N. (2009). *Das Zahlenbuch. Handbuch zum Frühförderprogramm*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Wu, Y. B. (1984). The effects of the heterogeneous regression slopes on the robustness of two test statistics in the analysis of covariance. *Educational and Psychological Measurement*, 44.
- Wynn. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749–750.
- Zimmerman, B. J. (1998). Developing Self-Fulfilling Cycles of Academic Regulation: An Analysis of Exemplary Instructional Models. In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Hrsg.), *Self-regulated learning. From teaching to self-reflective practice* (S. 1–19). New York: Guilford Press.



## **Anhang**






Anhang A	Ablaufpläne der Förderung
Anhang B	Beobachtungsbogen
Anhang C	Syntax zum Austausch von Variablen zwischen Trainer und Sportler eines Tandems

## Anhang A

### Ablaufpläne – kleingruppen-orientierte Förderung

1. Woche 14.02. – 20.02.2011	Termin 1 Einführung der REGELN FÜR GRUPPENARBEIT	Termin 2 Aufgaben während der GRUPPENARBEIT	Termin 3 1.1 Die Zahlen 1 und 2
2. Woche 21.02. – 27.02.2011	Termin 4 1.2 Die Zahlen 3 und 4	Termin 5 1.3 Die Zahlen 5 und 6	Termin 6 1.4 Die Zahlen 7 und 8
3. Woche 28.02. – 06.03.2011	Termin 7 1.5 Die Zahlen 9 und 10	Termin 8 1.6 Die Zahlenpaare und Zahlenturm	Termin 9 2.1 Mehr, weniger oder doch gleich viele?
4. Woche 07.03. – 13.03.2011	Termin 10 2.2 Zahlenstraße	Termin 11 2.2 Zahlenstraße	Termin 12 2.3 Nachfolger
5. Woche 14.03. – 20.03.2011	Termin 13 2.4 Zahlentreppe größer und kleiner	Termin 14 2.5 Zahlentreppe mehr oder weniger	Termin 15 2.6 Längen und Höhen
6. Woche 21.03. – 27.03.2011	Termin 16 2.7 Treppauf	Termin 17 2.8 Treppauf die Zahlen entlang	Termin 18 2.6 Längen und Höhen
7. Woche 28.03. – 03.04.2011	Termin 19 3.1 Zunahmen an Längen und Höhen	Termin 20 3.2 Junge, Mädchen, Kinder	Termin 21 3.2 Jungen, Mädchen, Kinder
8. Woche 04.04. – 10.04.2011	Termin 22 2.2 Zahlenstraße	Termin 23 3.3 Unterschiede in Längen und Höhen	Termin 24 3.4 Wie viele Kinder mehr oder weniger?

## Ablaufpläne – peer-gestützte Förderung

1. Woche 14.02. – 20.02.2011	Termin 1 Einführung der REGELN FÜR TEAMARBEIT	Termin 2 Trainer-Training	Termin 3 1.1 Die Zahlen 1 und 2
2. Woche 21.02. – 27.02.2011	Termin 4 1.2 Die Zahlen 3 und 4  komplett	Termin 5 1.3 Die Zahlen 5 und 6	Termin 6 1.4 Die Zahlen 7 und 8  komplett
3. Woche 28.02. – 06.03.2011	Termin 7 1.5 Die Zahlen 9 und 10	Termin 8 1.6 Die Zahlenpaare und Zahlenturm	Termin 9 2.1 Mehr, weniger oder doch gleich viele? nach Hälfte der Tische 
4. Woche 07.03. – 13.03.2011	Termin 10 2.2 Zahlenstraße	Termin 11 2.2 Zahlenstraße  komplett	Termin 12 2.3 Nachfolger  *siehe unten
5. Woche 14.03. – 20.03.2011	Termin 13 2.4 Zahlentreppe größer und kleiner  *siehe unten	Termin 14 2.5 Zahlentreppe mehr oder weniger  ab 2.5.3	Termin 15 2.6a Längen und Höhen  *siehe unten
6. Woche 21.03. – 27.03.2011	Termin 16 2.6b Längen und Höhen  *siehe unten	Termin 17 2.7 Treppauf  *siehe unten	Termin 18 2.8 Treppauf die Zahlen entlang nach Hälfte der Übung 
7. Woche 28.03. – 03.04.2011	Termin 19 3.1 Zunahmen an Längen und Höhen nach Hälfte der Schälchen 	Termin 20 3.2 Junge, Mädchen, Kinder	Termin 21 3.2 Jungen, Mädchen, Kinder  komplett
8. Woche 04.04. – 10.04.2011	Termin 22 2.2 Zahlenstraße ab Anweisung „Punktekarten“ 	Termin 23 3.3 Unterschiede in Längen und Höhen nach Hälfte der Schälchen 	Termin 24 3.4 Wie viele Kinder mehr oder weniger? nach Hälfte der Kärtchen 

## Anhang B

### Beobachtungsbogen

Qualitätssicherung

Beobachtung der Kinder

Name des Kindergartens \_\_\_\_\_

Ort des Kindergartens \_\_\_\_\_

Datum der Beobachtung (tt/mm/jj) \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Dauer der Sitzung (in min.) \_\_\_\_\_

Beginn der Beobachtung (hh:mm) \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Ende der Beobachtung (hh:mm) \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Gruppenleiter \_\_\_\_\_

Trainingsversion:

Team-Version ☐

Gruppen-Version ☐

Block 1	Ja	Nein
Wurde der <b>Raum manualgetreu</b> vorbereitet?		
Werden die <b>Regeln zu Beginn der Sitzung</b> wiederholt?		
Wird im einleitenden Satz der <b>Inhalt der letzten Sitzung erwähnt</b> ?		

Block 2a	10:00	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	11:00	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50	12:00	12:10	12:20	12:30	12:40	12:50	13:00	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	14:00	14:10	14:20	14:30	14:40	14:50
GL gibt Anweisungen																														
GL verbalisiert																														
GL lobt																														
GL unterstützt bei Lösungen																														
GL erinnert an Arbeitsregeln																														
GL beobachtet ohne Eingreifen																														

Block 2b	15:00	15:10	15:20	15:30	15:40	15:50	16:00	16:10	16:20	16:30	16:40	16:50	17:00	17:10	17:20	17:30	17:40	17:50	18:00	18:10	18:20	18:30	18:40	18:50	19:00	19:10	19:20	19:30	19:40	19:50
GL gibt Anweisungen																														
GL verbalisiert																														
GL lobt																														
GL unterstützt bei Lösungen																														
GL erinnert an Arbeitsregeln																														
GL beobachtet ohne Eingreifen																														

Beobachter: \_\_\_\_\_

Block 3	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils / teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Der GL verwendet eine <b>kind-gerechte Sprache</b> ?					
Der GL verwendet eine <b>situationsangemessene Stimme</b> ?					
Der GL ist <b>präsent</b> ?					
Der GL <b>kümmert sich</b> ?					
Der GL <b>verhält sich</b> allen Kindern gegenüber <b>gleich</b> ?					
Der GL unterstützt die Kinder beim <b>selbständigen Lösen</b> ?					
Der GL spricht Kinder <b>gezielt</b> an?					
Der GL führt <b>alle Schritte/Aufgaben des Manuals</b> durch?					
Der GL führt <b>alle Schritte wie im Manual beschrieben</b> durch?					
Der GL setzt <b>alle vorzubereitenden Materialien</b> ein?					
Der GL führt alle Schritte <b>in der Reihenfolge des Manuals</b> durch?					
Der GL verwendet den <b>Wortlaut des Manuals</b> ?					

Besondere Vorkommnisse / Bemerkungen

---



---



---



---

Beobachter: \_\_\_\_\_

Qualitätssicherung	8 Kinder								Beobachtung der Kinder																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Handelnd	Verbalisiert	Hilft	Lobt	Spricht laut	Abgelehnt	Stört																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Kind 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

## Anhang C

Syntax zum Austausch von Variablen zwischen Trainer und Sportler eines Tandems

**\*\*Austausch der Daten zwischen Trainer und Sportler.** Somit kann festgestellt gestellt werden, ob z.B. ein Trainer mit hoher Vortestleistung (hoher Perzentilwert) ein besseres Outcome beim Sportler erwirken kann, als ein Trainer mit niedriger Vortestleistung.

**\*\* Austausch metrische Variablen.**

```
USE All.
SPLIT FILE Off.
```

```
**hanMWp.
COMPUTE  N2hanMWp=hanMWp.
execute.
```

```
DO IF Förd_Rolle_KiGa = 12.
RECODE N2hanMWp (Else=0).
END IF.
execute.
```

```
SORT CASES BY  Förd_Team_kiga (A) Förd_Rolle_kiga (A) .
CREATE T_hanMWp_s1t=DIFF(N2hanMWp 1).
```

```
COMPUTE  N3hanMWp=hanMWp.
execute.
```

```
COMPUTE Förd_Rolle_kiga_2 = Förd_Rolle_kiga.
RECODE Förd_Rolle_kiga_2 (12=13) (13=12).
execute.
```

```
DO IF Förd_Rolle_kiga = 13.
RECODE N3hanMWp (Else=0).
END IF.
execute.
```

```
SORT CASES BY  Förd_Team_kiga (A) Förd_Rolle_kiga_2 (A) .
CREATE T_hanMWp_s2t=DIFF(N3hanMWp 1).
```

```
COMPUTE N4hanMWp=hanMWp.
execute.
```

```
DO IF Förd_Rolle_kiga = 11.
RECODE N4hanMWp (Else=0).
END IF.
execute.
```

```
SORT CASES BY  Förd_Team_kiga (A) Förd_Rolle_kiga (D) .
CREATE T_hanMWp_ts1=DIFF(N4hanMWp 1).
```

```
SORT CASES BY  Förd_Team_kiga (A) Förd_Rolle_kiga_2 (D) .
CREATE T_hanMWp_ts2=DIFF(N4hanMWp 1).
```

## Anhang

```
COMPUTE T_hanMWp = 0.
if (Förd_Rolle_kiga = 11) T_hanMWp = (-1) * T_hanMWp_ts1.
if (Förd_Rolle_kiga = 12) T_hanMWp = (-1) * T_hanMWp_s1t.
if (Förd_Rolle_kiga = 13) T_hanMWp = (-1) * T_hanMWp_s2t.
execute.

COMPUTE hanMWp_kehrw = hanMWp.
IF (Förd_Rolle_kiga = 13) hanMWp_kehrw = hanMWp * (-1).
execute.

SORT CASES BY Förd_Team_kiga (A) Förd_Rolle_kiga (A) .
CREATE hanMWp_ss=DIFF(hanMWp_kehrw 1).

compute diff_mean = hanMWp_ss/2.
if (Förd_Rolle_kiga = 11) diff_mean = 0.
execute.

SORT CASES BY Förd_Team_kiga (A) Förd_Rolle_kiga_2 (D) .
CREATE hanMWp_tsm=DIFF(diff_mean 1).
if (Förd_Rolle_kiga = 11 and T_hanMWp_ts1=T_hanMWp_ts2) hanMWp_tsm= 789.
execute.

compute T_hanMWp = -99.
if (Förd_Rolle_kiga = 11) T_hanMWp = hanMWp_tsm.
if (Förd_Rolle_kiga = 11 and hanMWp_tsm = 789) T_hanMWp = (-1) * T_hanMWp_ts1.
if (Förd_Rolle_kiga = 12) T_hanMWp = (-1) * T_hanMWp_s1t.
if (Förd_Rolle_kiga = 13) T_hanMWp = (-1) * T_hanMWp_s2t.
execute.

SORT CASES BY Förd_Team_kiga (A) Förd_Rolle_kiga (A) .
execute.

VARIABLE LABELS T_hanMWp 'AUSTAUSCH (Trainer-Sportler) der Variable: hanMWp'.
VALUE LABELS T_hanMWp (-99) 'keine Peer-Förderung' 1 'Junge' 2 'Mädchen'.
MISSING VALUES T_hanMWp (-99).
execute.

DELETE VARIABLES
N2hanMWp
T_hanMWp_s1t
N3hanMWp
Förd_Rolle_kiga_2
T_hanMWp_s2t
N4hanMWp
T_hanMWp_ts1
T_hanMWp_ts2
hanMWp_kehrw
hanMWp_ss
diff_mean
hanMWp_tsm.
execute.
```



## **Eidesstattliche Erklärung**

„Ich versichere: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.“

Gießen, den 08.02.2018

Armin Vossen